

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra Mechanické technologie

**Studium vlivu odmašťovacího prostředku na čistotu
kovového substrátu**

Study of Influence Degreasing Agent on Cleanness of Metal Substrate

Student:

Jiří Vénos

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová , CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Vénos**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Studium vlivu odmašťovacího prostředku na čistotu kovového substrátu
Study of Influence Degreasing Agent on Cleanness of Metal Substrate

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současného stavu používaných odmašťovacích prostředků.
2. Prostudujte vlastnosti odmašťovacích prostředků a jejich vliv na čistotu kovového substrátu.
3. Prostudujte metodiku zkoušení čistoty povrchu kovového substrátu.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
6. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

BURAKOWSKI, T., WIERZCHOŃ, T.: *Surface Engineering of Materials*. CRC Press LLC, 1999. 592 s. ISBN 0-8493-8225-4.

PODJUKLOVÁ, J.: *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 1994. 1. vydání. 71 s. ISBN 80-7078-235-8.

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

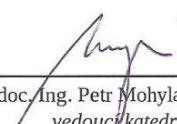
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015




doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.5.2015


.....
podpis studenta

Ostrava 2015

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 15.5.2015


.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Vénos

Adresa trvalého pobytu autora práce: Dolní Studénky 316
788 20

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc., za vedení při tvorbě mé bakalářské práce. Dále Ing. Daniele Pavelkové, Ing. Lence Koldové, Ing. Renému Siostrzonkovi, Ph.D. za jejich užitečné rady, které mi pomohly zpracovat můj bakalářský projekt. Dále bych chtěl poděkovat firmě Komfi s.r.o. za poskytnutí vzorků, bez kterých by nebyl experiment uskutečněn.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vénos J. *Studium vlivu odmašťovacího prostředku na čistotu kovového substrátu*

Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2015, 56 s, Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Bakalářská práce se zabývá chemickým očištěním kovového substrátu za použití dvou odmašťovacích prostředků (Alkalit R/2 1199, Simple Green) .

V úvodu se seznámíme s nejčastěji používanými metodami čištění povrchů kovového substrátu, a to mechanickým a chemickým způsobem. Hlavní důraz bude kladen na chemický způsob odmašťování, resp. odmašťování ponorem v lázni v již zmíněných prostředcích – Alkalit R/2 1199 a Simple Green. Ve druhé části se zaměříme na postup práce při odmašťování a stručný popis jednotlivých zařízení, která byla při práci použita. Cílem bakalářské práce bude porovnání dvou odmašťovacích prostředků (Alkalit R/2 1199 a Simple Green), vyzdvihnutí kladů a záporů a jejich ekonomické zhodnocení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Vénos J.: *Study of the influence of a grease remover on the purity of the metal substrate.*

Department of Mechanical Technology, the Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2015, 56 s, Bachelor Thesis, supervisor. Doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

This bachelor's Thesis deals with chemical clearing of the metal substrate using two grease removers. (Alkalit R/2 1199, Simple Green).

In the beginning, we will be introduced to the most commonly used methods of cleaning of the surfaces of the metal substrate, by mechanical and chemical means. The main emphasis will be placed on the chemical process of decreasing, respectively, degreasing by immersion in a bath of the aforementioned agents - alkalinity R / 2 and 1199 Simple Green. In the second part we will focus on working process of degreasing, and a brief description of the used equipment. The aim of this thesis is the comparison of two grease removers (alkalinity R/2 in 1199, and Simple Green), emphasizing the pluses and minuses and their economic evaluation.

Obsah

1. Povrchové úpravy	12
2. Rozdělení povrchových úprav kovů	12
2.1 Mechanické čištění	12
2.1.1 Broušení	13
2.1.2 Otryskávání	13
2.1.3 Omílání	14
2.1.4 Kartáčování	16
2.1.5 Leštění	17
2.2 Chemické čištění	17
3. Odmašťování	18
3.1.1 Odmašťování v emulzních roztocích	18
3.1.2 Odmašťování v neutrálních roztocích	19
3.1.3 Odmašťování v organických rozpouštědlech	19
3.1.4 Odmašťování v alkalických roztocích	21
3.1.5 Zařízení používané pro odmašťování:	23
3.1.6 Vysokotlaké kapalinné odmašťování	26
3.1.7 Odmašťování opalem	26
3.1.8 Odmašťování ultrazvukem	27
4. Moření	27
4.1 Moření v kyselině sírové	28
4.2 Moření v kyselině solné	29
4.3 Zařízení pro moření:	29
5. Cíl Experimentu	30
6. Postup měření:	30
7. Popis přístrojů	30
7.1 Přesná váha	30
7.2 Termostat závěsný digitální GD 100, Grant	31
7.3 Sušicí pec	32
7.4 Měřič drsnosti – MYTUTOYO SJ-301	33
7.4.1 Hodnoty měřené v BP:	34
7.5 Mikroskop	35
7.6 Měřič teploty a Ph	35
8. Popis použitého vzorku a odmašťovadel	36
8.1 Kovový substrát	36

8.2	Alkalit.....	37
8.3	Simple Green.....	37
9.	Popis postupu experimentálního měření	39
9.1	Zajištění vzorků a odmašťovadla	39
9.2	Počáteční vážení.....	39
9.3	Odmaštění v lázni.....	40
9.3.1	Alkalitická lázeň	40
9.3.2	Simplegreenová lázeň	41
9.3.3	Oplach.....	41
9.3.4	Sušení.....	42
9.3.5	Vážení	42
9.3.6	Měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN EN ISO 4287.....	42
10.	Výsledky experimentálního měření.....	43
10.1	Hmotnostní úbytek v závislosti na čase	43
10.1.1	Simple Green 1:10	43
10.1.2	Simple Green 1:150	44
10.1.3	Alkalit 10 %	45
10.1.4	Alkalit 15 %.....	46
10.1.5	Celkové porovnání hmotnostního úbytku	47
11.	Naměřené hodnoty drsnosti podle normy.....	48
	ČSN EN ISO 4287	48
11.1	Měření hodnoty Ra.....	48
11.2	Měřená hodnota Rz	49
11.3	Měřená hodnota Rq.....	50
12.	Ekonomické zhodnocení	51
12.1	Porovnání cen Alkalit R/2 1199 a Simple Green Crystal	51
12.2	Cena/Energie	51
13.	Závěr.....	53
14.	Použitá literatura.....	54
15.	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
16.	SEZNAM TABULEK	57
17.	SEZNAM GRAFŮ	58

Seznam použitých značek a symbolů

<u>Znak</u>	<u>Veličina</u>	<u>Jednotka</u>
ČSN	Česká státní norma	[-]
EN	Evropská norma	[-]
ISO	Mezinárodní norma	[-]
Ph	Vodíkový exponent	[-]
lr	Délka měřeného úseku diamantovým hrotem	[mm]
λ_c	Filtr profilu	[mm]
Ra	Střední aritmetická odchylka profilu	[μm]
Rz	Maximální výška profilu	[μm]
Rq	Kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu	[μm]
Rv	Největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Rp	Největší výška výstupku profilu	[μm]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu	[-]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	[-]
Kwh	Kilowatthodina	[watt]
T	Teplota	[°C]
t	Čas	[mi]

Úvod

Tématem mé bakalářské práce je studium vlivu odmašťovacího prostředku na čistotu kovového substrátu. Toto téma jsem si zvolil pro velice široké využití v praxi. Odmašťování je v současné době hodně rozšířené, a to díky velmi kvalitním výsledkům dnešních odmašťovacích prostředků. V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu a čistotu povrchu materiálu před následnými povrchovými úpravami, jako jsou např. lakování a natírání. Odmašťování je jeden ze způsobů předúpravy povrchu materiálu, přičemž tento způsob je nejpoužívanější ve strojírenském průmyslu.

V první části práce se nejdříve seznámíme s metodami mechanického čištění povrchu kovových součástí - broušení, leštění, tryskání, omílání a kartáčování. Tyto metody však mají zároveň největší úbytek základního materiálu a některé kladou velké nároky na strojní zařízení (např. tryskání, omílání).

Ve druhé části se budu zabývat dalšími možnostmi odstraňování nečistot z povrchu kovového substrátu, a to chemickým způsobem (např. odmašťování, moření). Následně porovnám dva odmašťovací prostředky, kdy odmaštění kovového substrátu bude probíhat ponorem v chemické lázni – s nutností ohřevu (Alkalit R/2 1199), a nebo bez nutnosti ohřevu lázně (Simple Green). Zmíním také problematiku ekologické likvidace. Dále se zaměřím na ekonomičnost použití těchto odmašťovacích prostředků (jak je patrné z grafů v experimentální části). Cílem mé experimentální práce bude najít co nejefektivnější způsob očištění kovového substrátu. Pro můj experiment je zvolen postup pomocí hmotnostní metody.

Povrchové úpravy jsou technologické procesy, kterými dosahujeme kvalitnějších vlastností povrchu. Jejich hlavním úkolem je zvýšení odolnosti proti korozi a zlepšení třecích a elektrických vlastností. [1]

- změny mikrogeometrie povrchu
- umělého vytvoření nových povrchových vrstev [1]

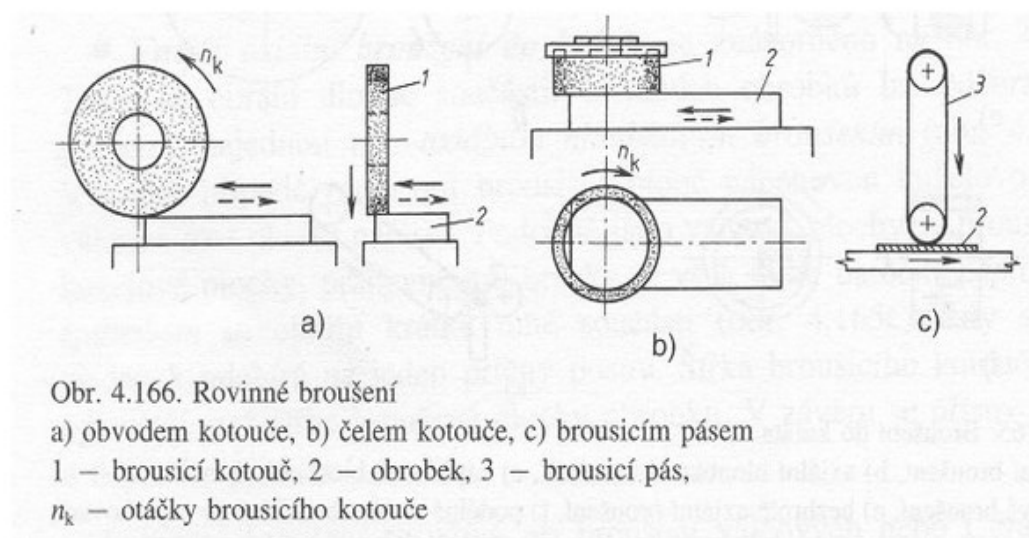
Povrchové úpravy se dají rozdělit do dvou kategorií: mechanické čištění
chemické čištění

Mechanické úpravy se používají pro odstranění vázaných chemických nečistot (oxidy, rez, okuje, apod.). Mechanickými úpravami dosáhneme určité drsnosti a vzhledu povrchu. Nejrozšířenějšími mechanickými úpravami jsou: broušení, otryskávání, leštění, omílání a kartáčování. [1,2]

- čištění povrchu materiálu
- zlepšit mechanické vlastnosti (pevnost, mez únavy)
- vytvořit povrch odpovídající vzhledovým požadavkům [1]

2.1.1 Broušení

Broušení patří mezi nejpoužívanější a nejběžnější způsoby mechanických povrchových úprav. Většinou se používá před nanášením povlaků nebo jinou konečnou úpravou. Hlavním účelem broušení je postupný úběr povrchu materiálu, kdy je odstraňován přebytečný kov, jako jsou například okraje. Jeho další funkcí je srovnat a sjednotit povrch. Broušení je však nákladné a používá se tam, kde je nutnost zajištění kvalitního povrchu. [1,2]



Obr.1 Broušení povrchu [1]

2.1.2 Otryskávání

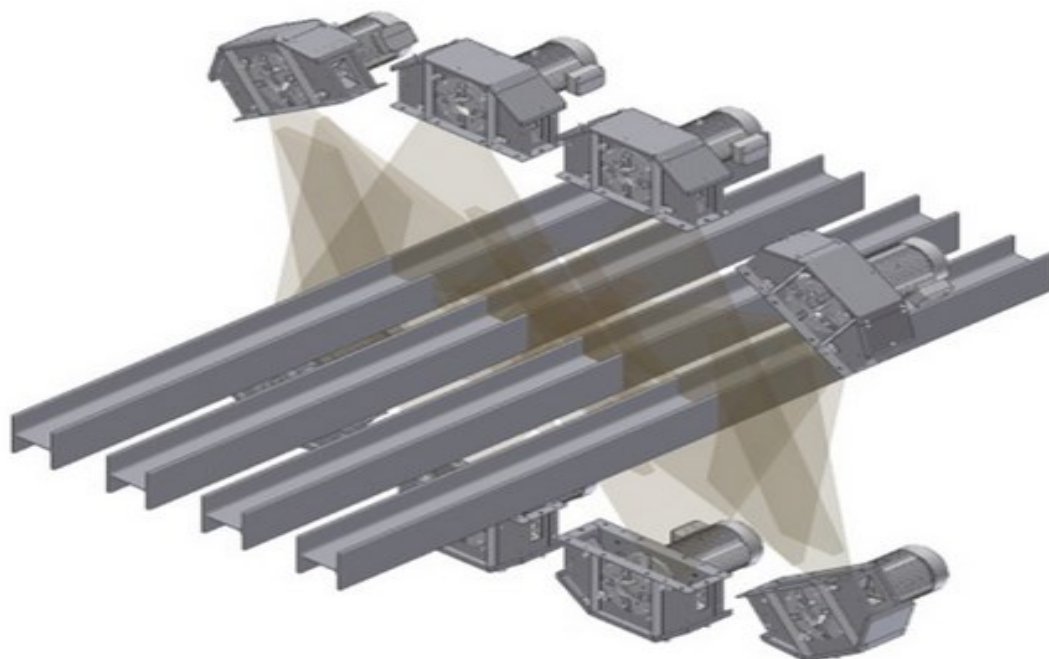
Otryskávání je mechanický způsob čištění povrchu, kdy je na povrch vrhán tryskací materiál vysokou rychlostí. Hlavním účelem je odstranit korozní nečistoty (písek, grafit, apod.) Tryskací částice působí na kovový substrát plastickou deformací, tím dochází ke zvýšení napětí v povrchových vrstvách. Díky plastické deformaci je materiál zpevněn.

Výkon otryskávání se odvíjí :

- od druhu otryskávaného materiálu [1,2]
- od velikosti tryskacích zrn
- tlakem
- úhlem a vzdáleností tryskání
- velikostí trysky

Tryskací média:

- litinová drť, broky
- křemičitý písek (úběrová schopnost tohoto tryskacího média je malá, třísť se, výhodou je levná pořizovací cena)
- brusiva (korund – ostřejší zrna, trvanlivé, Karbid křemíku)
- umělé a speciální materiály (drť z pecek a umělých hmot, skleněné kuličky)
- sekaný drát (patentovaný drát 160 MPa, nejpevnější, dražší 5x než litinová drť) [1, 2]



Obr.2 Tryskání [14]

2.1.3 Omílání

Omílání je mechanický způsob úpravy povrchu menších předmětů zhruba do 1 kg. Větší předměty lze také omílat, ale je potřeba je připevnit do speciálního přípravku v omílacím zařízení. Omílání se nejčastěji používá k odjehlování, zpevňování povrchu, odstranění korozních nečistot, odstranění tavidel a strusek. Metoda spočívá v úběru materiálu a jeho následným vyhlazením za působení omílací kapaliny s chemickými prostředky. Pro omílání se používají horizontální omílací zvony nebo bubny. Osa rotace je pod určitým sklonem.

Při omílání vznikají v bubnu dvě oblasti:

I.: nosná vrstva, která má tvar prstence a v určitém okamžiku se odtrhuje od stěny

II.: jádro, které se méně převaluje a přechod mezi oběma částmi není přesně oddělen [1,2]

Výhody omílání:

- snižuje se zmetkovitost
- zvýšení výrobnosti
- zpevnění povrchu a zvýšení korozivzdornosti
- snižují se výrobní náklady
- odstranění ručního broušení a leštění, které je nákladnější a namáhavější

Nevýhody omílání:

- nerovnoměrný úběr materiálu
- riziko poškození výrobků



Obr. 3 Omílací bubna [15]

2.1.4 Kartáčování

Kartáčování se používá k odstranění hrubých nečistot (rzi, starých nátěrů, volných korozních částic). Pro tyto hrubší práce se používají kartáče s ocelovými dráty. Dále pro zjemnění povrchu před dalšími povrchovými úpravami (např. leštění). Pro tyto operace se používají kartáče s jemnější strukturou a přírodními nebo umělými vlákny (např. silon, žíně, fibr), která jsou mazaná brusnými pastami.

Kartáčování patří stejně jako broušení a leštění k velmi namáhavým a nákladným operacím, proto se snažíme tyto operace co nejvíce mechanizovat.

Zařízení pro kartáčování rozdělujeme na:

- univerzální stroje leštící a brousící
- stroje pro broušení a leštění rotačních součástí
- stroje pro leštění a broušení plochých součástí



Obr. 4 Kartáčování [16]

2.1.5 Leštění

Leštění se nejčastěji používá jako jedna z posledních pracovních operací, protože oproti broušení dochází k mnohem menšímu úbytku materiálu. Jde tedy o odstranění nejmenších nečistot, získání drsnosti až 0.1 Ra a vysokého lesku. Kromě leštících kotoučů má při leštění také velký význam druh použité leštící pasty. Tyto pasty obsahují homogenizované tuky, korund, vápno, jemnou křemelinu, atd. Při prvním leštění se používají tvrdší látkové kartáče, ostřejší pasty a poměrně vysoké obvodové rychlosti (65m/s). Pro dolešťování se používají měkké kotouče, sušší pasty a menší obvodové rychlosti (cca 30m/s). [1,2]



Obr. 5 Kotouče pro jemné leštění [17]

2.2 Chemické čištění

Chemickými úpravami získáváme různé kvality povrchů. Při chemických úpravách reagují chemická činidla s nečistotami na povrchu materiálu. Mezi chemické úpravy povrchu patří moření, odmašťování a leštění. Každý základní povrch vyžaduje jinou čistotu a je závislý na druhu povlaku. [1]

Nečistoty, které vzniknou na povrchu během skladování nebo při nevhodném zacházení, dělíme na ulpělé a chemicky vázané.

Ulpělé nečistoty jsou mastnoty, ve kterých jsou zachyceny částičky prachu, zbytky brusných a leštících past. K materiálu jsou tyto nečistoty vázány fyzikálními silami (látky tukového charakteru) nebo adhezními silami (anorganické nečistoty, prach, kovové třísky, apod.). Patří sem převážně mastné látky.

Tloušťka těchto nečistot může být velmi malá (okem nepatrná) nebo velmi silná (až několik mm). Tyto nečistoty odstraňujeme odmašťováním.

Chemicky vázané nečistoty vznikají jako koroze, rez a okuje. Tyto nečistoty odstraňujeme mechanicky nebo chemickým mořením. [1,3]

3. ODMAŠŤOVÁNÍ

Odmašťování je souhrnný název pro odstraňování všech druhů ulpělých nečistot z povrchu substrátu, které jsou vázány fyzikálními silami nebo adhezními silami. Odmašťování je tedy uvolnění všech ulpělých nečistot z povrchu substrátu a emulze slouží ke zpětnému vázání nečistot na odmašťovaný předmět. [1,3]

Způsoby odmašťování můžeme rozdělit podle používaného prostředku na:

- 1) odmašťování v emulzních roztocích
- 2) odmašťování v neutrálních roztocích
- 3) odmašťování v organických rozpouštědlech
- 4) odmašťování v alkalických roztocích
- 5) vysokotlaké kapalinné odmašťování
- 6) odmašťování opalem
- 7) odmašťování ultrazvukem

3.1.1 Odmašťování v emulzních roztocích

Organické směsi jsou rozpouštědla, která obsahují různé emulgátory (např. trietanolové mýdlo), alkálie, smácedla, inhibitory a vodu. Odmašťování lze provádět natíráním, máčením a postřikem. Tato metoda je velmi účinná i pro objemnější součásti a lze ji použít i pro velmi znečištěné povrchy. Odmašťovací schopnost tenzidů a emulgátorů je spolehlivá a tyto směsi dokonale rozpouštějí a emulgují mastnoty a nečistoty, které jsou poté vyplavovány vodou. Nevýhodou tohoto odmašťování je nákladné čištění odpadních vod. [1,4]

3.1.2 Odmašťování v neutrálních roztocích

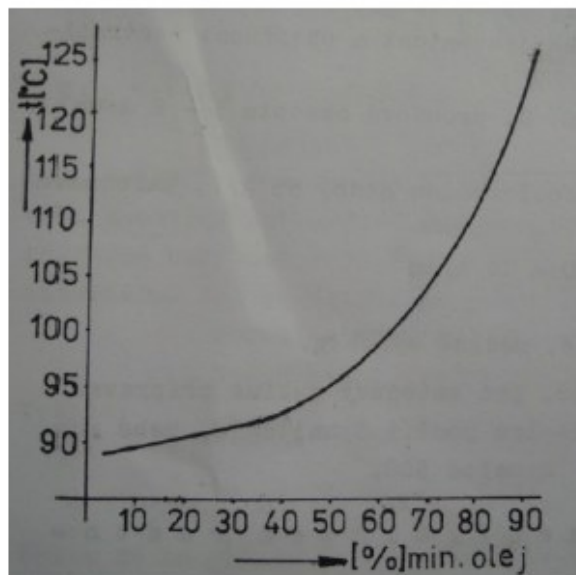
Jedná se o odmašťování v roztocích saponátů (dubaryl), které je nejčastěji používáno pro velkorozměrové součásti ručním odmašťováním. Tyto saponáty jsou méně vhodné pro ponorové nebo postřikové odmašťování z důvodů velkého pění. [1]

V dnešní době se na trhu objevují nejnovější metody, které odmašťují pomocí kapalných pěn v disperzním prostředí. Toto odmašťování je vhodné pro čištění špatně přístupných míst s poměrně dobrými odmašťovacími výkony a nízkými provozními náklady. [1]

3.1.3 Odmašťování v organických rozpouštědlech

Jde o velice populární a rozšířenou metodu odmašťování, nejčastěji používanou tam, kde nelze použít odmašťování v alkalických roztocích (např. některé barevné kovy). Organická rozpouštědla nezpůsobují korozi a lze jimi odstranit i silné vrstvy nečistot. Rozpouštědla rozpustí mastné látky a zároveň uvolní zbylé nečistoty, které ulpěly na povrchu.

Ideální rozpouštědlo by mělo být bezpečné, nehořlavé, univerzální a mělo by dobře rozpouštět různé druhy nečistot. Tomuto ideálu se ale jen více či méně blíží, protože většina organických rozpouštědel je ropného původu (např. nafta, petrolej). Pokud se odmašťuje těmito rozpouštědly, musí poté následovat odmaštění v benzínu nebo chlorovaných uhlovodících (např. trichloretylén, tetrachloretylén). Nejčastěji se používá trichloretylén (C_2HCl_3), je to bezbarvá nehořlavá kapalina s jemně nasládlou vůní, velmi dobře rozpouští mastnoty, vosk a asphalt. Při kontaktu se slunečním světlem nebo ultrafialovým zářením se rozkládá a vzniká kyselina solná (C_2HCl_3). Může velice rychle zkontaminovat půdu. Tyto uhlovodíky budou v co nejkratší době nahrazeny ekologičtějšími rozpouštědly na bázi alifatických uhlovodíků nebo alkalickým odmašťováním. [1,2]



Obr. 6 Bod varu směsi trichloretylénu [1]

3.1.3.1 Recyklace rozpouštědel

FIDI - recyklace rozpouštědel

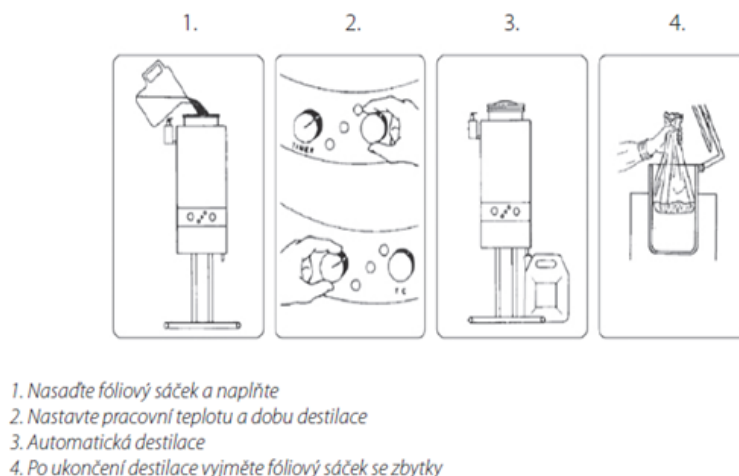
Destilační přístroje FIDI recyklují a umožňují opětovné použití rozpouštědel, která se používají pro odmašťování v různých oblastech. Je zde využit jednoduchý princip destilace. Znečištěné rozpouštědlo je očištěno od pryskyřic, pigmentů, laků, olejů atd. Nečistoty z destilace se usazují na dně kotle (fóliového sáčku) a po ukončení destilace jsou bez problémů odstraněny a zlikvidovány. Čisté rozpouštědlo se zachytává v nádrži a znovu se používá.

Princip : Znečištěné rozpouštědlo je zahříváno a odpařováno v kotli z ušlechtilé oceli.

Stejný ohřev probíhá pomocí pláště tvořeného teplotně odolným olejem, který je zahříván několika topnými tělesy.

Destilace a chlazení jsou řízeny elektronickým termostatem a elektrickými spínacími hodinami. Výpary z rozpouštědla se odpařují a zachytávají se sběrným parním potrubím do chladiče a kondenzují. Destilát je zachycován do kanystru a je možno ho ihned použít k dalšímu čistícímu procesu. [5]

Velkou výhodou těchto zařízení je levný provoz a jejich účinnost se pohybuje okolo 97 %. [5]

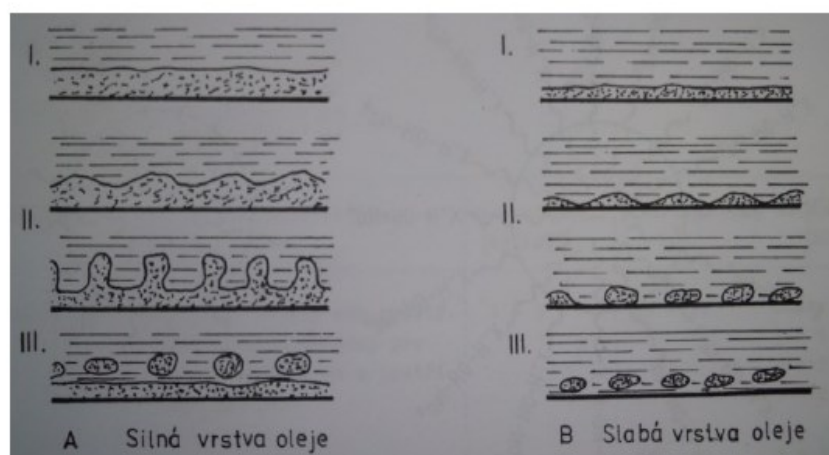


Obr. 7 Recyklace FIDI [5]

3.1.4 Odmašťování v alkalických roztocích

Alkalické odmašťování je v dnešní době nejpoužívanější způsob odmašťování, ale je také poměrně složitý. Hlavní účinnost spočívá v koloidně chemických pochodech, tzn. emulgaci a dispergaci různých druhů nečistot. Mastnoty se zneutralizují a stanou se z nich rozpustná mýdla. Aktivní mýdla snižují napětí mezi roztokem a mastnotou na povrchu.

Tímto postupem se odmašťují rostlinné a živočišné tuky. U minerálních mastnot (např. oleje, vazelíny, vosky) vzniká problém při odmaštění. Tyto mastnoty se nezmýdelní. Odmašťování těchto mastnot probíhá teprve za vyšších teplot, kdy se mastnoty emulgují ve formě malých kapiček do roztoku odmašťovadla. [1,2,3]



Obr. 8 Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem [1]

- I. souvislá vrstva mastnoty na povrchu kovu
- II. postupné rozrušování souvislé vrstvy mastnoty roztokem
- III. emulgace a dispergace mastnoty, odmašťovací roztok vytlačuje částice mastnot z povrchu materiálu [1]

Alkalické lázně obsahují sodu, louh, uhličitany a fosforečnany. Použití povrchově aktivních látek – tenzidů znamenalo klíčový obrat ve výzkumu odmašťovacích prostředků. Roztok musí mít dostatečnou alkalitu, při nedostatečné alkalitě může dojít k hydrolýze mýdla ($\text{pH} > 10,2$). U zvýšené alkality hrozí koroze lehkých a barevných kovů. Pro zabránění koroze se do roztoku přidávají křemičitany, které zabraňují vzniku koroze. Používání alkalických látek znamenalo zvýšení kvality odmašťování. [1,3]

Předchůdci těchto odmašťovacích přípravků obsahovali hydroxid sodný, fosforečnan sodný a křemičitany. Dnešní odmašťovací prostředky obsahují aniokativní tenzidy (alkylarylsulfanový typ), neiogenní tenzidy (alkylpolyglykoléter) a amfolytické tenzidy (betainové typy).

Rozdělení lázně podle kyselosti:

$\text{pH} < 7 \Rightarrow$ kyselé prostředí

$\text{pH} = 7 \Rightarrow$ neutrální prostředí

$\text{pH} > 7 \Rightarrow$ alkalické prostředí

rozsah pH 0 - 14

3.1.4.1 Tenzidy

Tenzidy jsou látky koncentrující se na fázovém rozhraní. Tenzidy snižují napětí na povrchu a zvyšují smáčivost. Pro účinné čištění musí tenzidy splňovat vysoké nároky na správnou odmašťovací schopnost, emulgaci či deemulgaci a pění, tenzidy musí být slučitelné s elektrolytem, stabilní, musí se správně adsorbovat a desorbovat na/z povrchu a být biologicky rozložitelné a netoxické. Tenzidy se rozdělují na anionaktivní, neionogenní, amfoterní a kationaktivní.

Anionaktivní tenzidy mají dobrou emulgační schopnost, silně se váží na olej a dobře pění. Kombinují se s neionogenními tenzidy. Jejich nevýhodou je negativní působení na recyklačně čistící systémy. Příklady: karboxyláty, alkyl-/aryl- sulfonáty, alkylsulfáty. [6]

Neionogenní tenzidy jsou velmi důležitou složkou pro odmaštění kovů. Mají velmi dobrý čistící účinek a malou schopnost emulgovat. Vyznačují se bodem zákalu. Dobře se přizpůsobují požadavkům běžného provozu a jsou snadno biologicky rozložitelné. Splňují předpisy pro zacházení s tenzidy 648/2004/EU. Pozitivně působí na recyklační systémy. Příklady: alkyl-/aryl- etoxyláty mastných kyselin.

Kationaktivní tenzidy jsou jen zřídka používány. Mají silné absorpční a pěnicí schopnosti. Působí baktericidně. Příkladem jsou kvarterní amonné sloučeniny.[6]

3.1.5 Zařízení používané pro odmašťování:

3.1.5.1 Postřiková odmašťování

Způsob postřiku využívá mechanického účinku dopadající kapaliny ke snadnějšímu odstranění mastnot a jejich emulgací a umožňuje snížení operační doby. Nejčastěji se používá u sériových zakázek větších rozměrů. Tato práce může být řešena pro přetržitou nebo průběžnou práci.

3.1.5.2 Komorový odmašťovací stroj – KOS

Toto zařízení se používá pro velmi znečištěné výrobky. Součást určená k odmašťování se pomocí pohyblivého roštu zasune do uzavíratelné kabiny, rošt v kabině vykonává vratný pohyb pro lepší odmaštění součástí.



Obr. 9 Komorový odmašťovací stroj [18]

3.1.5.3 Vanové odmašťování

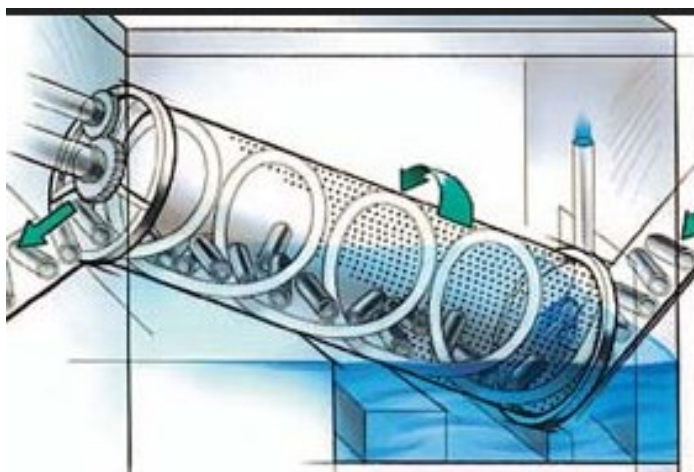
Vanové odmašťování se seřazuje do linek. Součásti se postupně nebo hromadně ponořují do jednotlivých van s daným odmašťovacím prostředkem. Odmašťovací vany jsou ocelové s topným registrem, odsávacím rámem a přepadem pro odstranění nečistot.



Obr. 10 Vanové odmašťování [20]

3.1.5.4 Bubnové odmašťování

Jedná se o odmašťování vhodné pro menší výroby. Buben je po naplnění ponořen do odmašťovací lázně a poté se otáčí. Tím je zajištěn styk roztoku se součásti. Průběžné bubny mají nejčastěji šnekový dopravník, který posouvá součástky dále na oplach a sušení.[1,2]



Obr. 11 Schéma bubnového odmašťování [21]

Tab. 1 tabulka odmašťovacích prostředků [1]

Označení	Charakteristika	Koncentrace (kg/100 l)	Pracovní teplota (°C)	Expozice (min)
Synalod 55	Středně účinný odm. prostředek bez tenzidů, vhodný pro aplikaci ponorem a postřikem	1-5	85-90	Ponor 3-5 Postřik 1-2
Synalod 80	Středně alk. přípravek pro ponorné odm. hliníku	5,5-5	80-90	5-8
Synalod 10	Radikální alkal. přípravek pro ponorné a elektrolitické odm. oceli a bar. kovů	3,5	80-90	3-7
Synalod 20	Středně účinný alkal. odm. prostředek pro ponor a postřik na ocel a barevné kovy	3-8	80-95	2-5
Synalod 30	Středně účinný pro ponorné odm. oceli barevných kovů a zinku	3-4,5	65-80	2-5
Synalod 40	Univerzální prostředek pro ponor a postřik elektrolitické odm. pro ocel a bar. kovy	Ocel 6-10 Bar. kovy 4-5	80 50	2-8

Synalod 46	Téměř neutrální univerzální odmašťovač pro odstranění slabých vrstev mastnoty při nízkých teplotách	5-10	30-40	15-20
Synalod 3024	Vysoce účinný přípravek s obsahem tenzidů, vhodný pro postřik oceli a barevných kovů	1,2-2,5 0,2-1,2	60-80	3-6
Radalod	Radikální alk. odm. pro ponor	1-7	80-95	1-10

3.1.6 Vysokotlaké kapalinné odmašťování

Vysokotlaké odmašťování je založeno na principu působení vysokého tlaku vody (až 60 Mpa). Nejčastějším čisticím médiem je voda, někdy s přísadou inhibitorů. Velkou výhodou je méně náročné čištění odpadních vod a vysoká účinnost odmašťování. Používá se na velkorozměrové součásti. [1]

3.1.7 Odmašťování opalem

Odmašťování opalem odstraní mastnotu z povrchu materiálu spálením. V průběhu procesu se vytvoří oxidické plyny (např. oxid uhličitý). Také dochází ke tvorbě vrstvy uhlíku a oxidické vrstvy. Teplota opalu se pohybuje v rozmezí od 300 °C do 700 °C. Po opalování je nutné odstranit zbylé oxidické vrstvy mořením nebo otryskáváním. Opalování se nejčastěji používá k čištění velkoplošných plechů. U tenkých plechů je potřeba počítat s tím, že se plech může deformovat vlivem nerovnoměrného opalování v nevhodně zvolené peci. Peci dělíme na 2 skupiny, s plynovými hořáky a elektrické. Je potřeba počítat s možnou změnou v krystalické mřížce vlivem tepla, které je nastaveno danou operací. Může dojít ke změně velikosti zrna na povrchu oproti velikosti zrna ve středu materiálu. [2]

3.1.8 Odmašťování ultrazvukem

Odmašťování ultrazvukem se používá především při čištění povrchu profilovaných součástí, u nichž se nedosahuje dobrých výsledků při použití běžných čisticích prostředků a postupů. Nejčastější problémy jsou s různými záhyby a malými otvory. Ultrazvukové zařízení dodává vysokofrekvenční energii z generátoru přes ultrazvukový budič do nádrže s čisticí kapalinou, kde dochází k přeměně této energie na energii akustickou, která rozkmitá kapalinu a spolu s kavitačními účinky se zúčastňuje čisticího procesu. Jako čisticí kapalina se nejčastěji používají organická rozpouštědla a vodné odmašťovače. Odmašťování pomocí ultrazvuku je použitelné jen pro předměty menších rozměrů, které mohou být umístěny do odmašťovacích van. [4]



Obr. 12 Ultrazvukový odmašťovací přístroj [19]

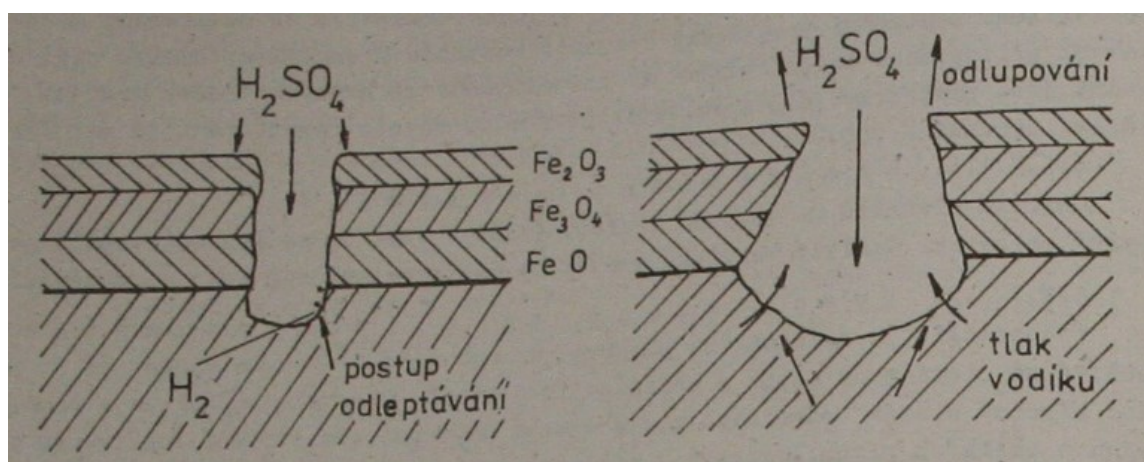
4. MOŘENÍ

Moření je odstranění všech oxidických vrstev (okuje, rez) chemickým způsobem. Za působení louhů nebo kyselin se oxidy rozpustí na soli, které se z povrchu opláchnou vodou. V práci se nejčastěji k moření oceli používá kyselina sírová, kyselina

chlorovodíková a fosforečná. Dále se k moření používá kyselina dusičná a fluorovodíková, ale pouze ve směsi s jinými kyselinami. [1]

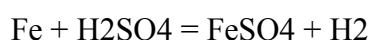
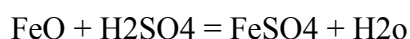
4.1 Moření v kyselině sírové

Odstranění okují a rzi probíhá jako rozpouštění kyslíčnicku železa a vstupování kyseliny póry v oxidické vrstvě až na samotnou vrstvu rozhraní materiálu. Kyselina podleptává povlak a vodík ve formě bublinek odtrhuje oxidické vrstvy od základního materiálu. Tímto způsobem se moření urychluje. Koncentrace kyseliny sírové se většinou pohybuje v rozmezí 8 – 14 % při teplotách 60 – 80 °C. [1,2]

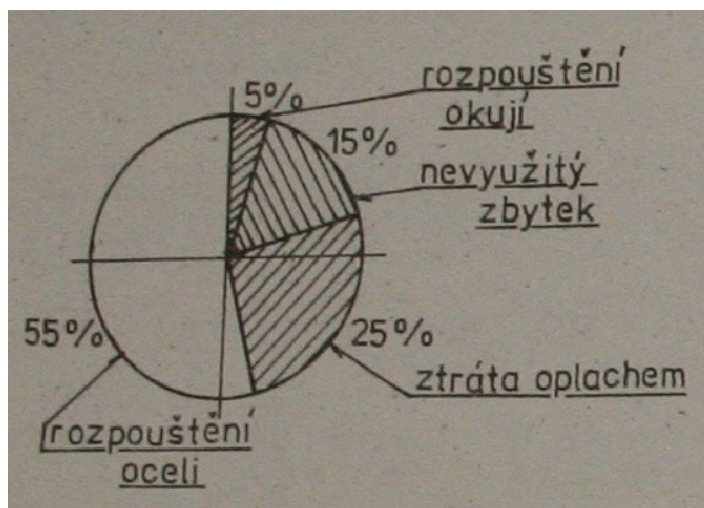


Obr. 13 Rozpouštění kovu v místě ponoru [1]

Rovnice rozpouštění kyslíčnicku železnatého



Vodík však má i nepříznivý vliv na povrch materiálu, jelikož snadno difunduje do ocele a tím způsobuje křehnutí a následnou horší povrchovou kvalitu. Při moření vznikají hmotnostní ztráty 2 – 4 % a tím je spotřebovaná více než polovina kyseliny. [1]



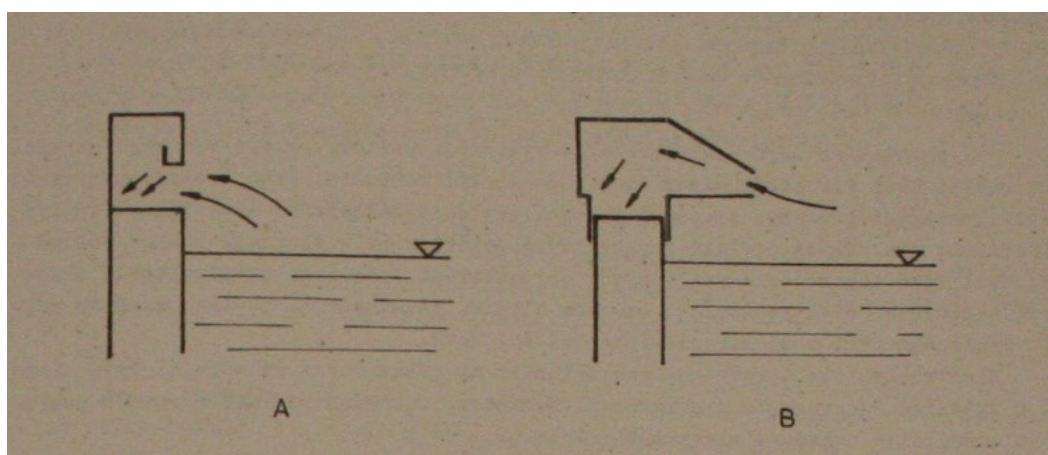
Obr. 14 Využití kyseliny při moření [1]

4.2 Moření v kyselině solné

Tento způsob moření je nákladnější než moření kyselinou sírovou a výpary kyseliny solné jsou velmi agresivní. Výhodou je nízká teplota moření, která se rovná teplotě okolí. Další výhodou je rovnoměrné a rychlé rozpouštění oxidů, a proto je difundace vodíku pomalejší. Rychlost moření v kyselině solné je závislé na koncentraci, teplotě a pohybu lázně. [1]

4.3 Zařízení pro moření:

Moření probíhá nejčastěji v ponorných vanách, které jsou vyložené speciálně odolným materiálem, který odolává mořicím roztokům (novodur, olovo, faolit). Škodlivé a agresivní výpary jsou odsávány tzv. štěrbinovým odsáváním.



Obr. 15 Štěrbinové odsávání [1]

5. CÍL EXPERIMENTU

Cílem mé experimentální práce bylo najít co nejefektivnější způsob očištění kovového substrátu. Pro můj experiment byl zvolen postup pomocí hmotnostní metody. U každého vzorku byl vážen hmotnostní úbytek a drsnost. Cílem tohoto měření je zrychlení odmašťovacího procesu a zlevnění provozních nákladů.

6. POSTUP MĚŘENÍ:

1. vážení zamaštěného kovového substrátu
2. měření drsnosti
3. proces odmašťování
4. oplach
5. sušení
6. vážení kovového substrátu po odmaštění
7. měření drsnosti
8. metalografické focení

7. POPIS PŘÍSTROJŮ

7.1 Přesná váha

Laboratorní váha Ohaus, modelové řady Pioneer, je určena pro jednoduché vážící aplikace, ale zároveň pro přesné výsledky měření. Zadní část váhy je vyrobena z tvrzeného ABS plastu se dvěma volně stepovacími nožičkami, přední část váhy je odtokový kanálek, jehož úkolem je chránit klávesnici v případě rozlití tekutin. Váha Ohaus řady Pioneer váží v rozsahu 0,0001 – 310g.

Popis funkce

Vážení, počítání kusů s automatickým přepočítáváním, stanovení hustoty / specifické hmotnosti pomocí závěsného vážení, rozsah pro tárování v celém rozsahu váživosti váhy subtrakcí, doba stabilizace 3 vteřiny.

Jednotky vážení:

mg, g, ct, oz, dwt, tical, tola, mommes, baht, grain, mesghal, Newton, ozt, teals, vlastní



Obr. 16 Přesná váha Ohaus Pioneer

7.2 Termostat závěsný digitální GD 100, Grant

Je topidlo s digitálním čtyřmístným displejem s jednoduchým ovládáním pomocí otočného ovladače, kterým si regulujeme teplotu lázně. Tlačítko S slouží pro zapamatování nastavených hodnot a tlačítko F pro přepnutí termostatu z Celsia (°C) na Fahrenhiet (F). Termostat je připevňován k vaně pomocí zadní svorky.

Technické údaje:

Topný výkon:	1,4 kW
Teplotní rozsah:	0 až +100 °C/0,1 °C
Stabilita při 37 °C:	±0,02 °C



Obr. 17 Termostat GD 100

7.3 Sušící pec

Sušící pec s regulovatelnou teplotou pro sušení jednotlivých vzorků při 100 °C (tech. specifikace viz. Obr. 18).



Obr. 18 Horkovzdušná pec ZEZ

7.4 Měřič drsnosti – MYTUTOYO SJ-301

Tento přístroj slouží pro měření drsnosti podle ČSN EN ISO 4287.

Vlastnosti:

- velký snadno čitelný LCD displej s velkými znaky
- jednoduchá obsluha díky dotykovému displeji
- odolný proti kontaminovaným látkám
- vybaven velkou kapacitou baterie, což umožňuje cca 600 měření při plném napětí
- vysoké rozlišení, vestavěná vysokorychlostní tiskárna v hlavní jednotce
- možnost nastavení pěti druhů měření – možnost uložení do paměťové karty a následně přenést do počítače v podobě tabulky



Obr. 19 Drsnoměr Mitutoyo SJ-301

7.4.1 Hodnoty měřené v BP:

***Ra* – střední aritmetická úchylka profilu [μm]**

Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r . [22]

***Rz* – největší výška profilu [μm]**

Součet výšky nejvyššího výstupku a hloubky nejnižší prohlubně v rozsahu délky l_r . [22]

***Rq* – průměrná kvadratická úchylka profilu [μm]**

Průměrná kvadratická hodnota pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r . [22]

***Rp* – největší výška výstupku profilu [μm]**

Výška Z_p největšího výstupku profilu a rozsahu základní délky l_r . [22]

***Rv* – největší hloubka prohlubně profilu [μm]**

Hloubka Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky l_r . [22]

***Rsk* – šikmost posuzovaného profilu [-]**

Podíl průměrných hodnot třetích mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny R_q v rozsahu základní délky l_r . Negativní hodnota R_{sk} odpovídá dobrým vlastnostem nosnosti profilu. [22]

***Rku* – špičatost posuzovaného profilu [-]**

Podíl průměrných hodnot čtvrtých mocnin pořadnic $Z(x)$ a čtvrté mocniny hodnoty R_q v rozsahu základní délky l_r . Pro normální rozdělení souřadnic profilu $R_{ku} = 3$. Když jsou ostřejší výstupky a rýhy tak $R_{ku} > 3$ a opačně. [22]

7.5 Mikroskop

Světelný mikroskop Neophot 2 slouží ke zkoumání a focení metalografických struktur při zvětšení od 25x do 2000x. K mikroskopu je připojen fotoaparát, který jednotlivé struktury zachytí v digitální podobě.



Obr. 20 Optický mikroskop Neophot 2

7.6 Měřič teploty a Ph

Přístroj Eutech pH 5+ je měřič teploty a zároveň pH, jednoduché nastavení a přepínání umožňuje rychlou práci. Měřič se používá pro kontrolu v hydroponii, akvakultuře, zemědělství, bazénech a lázeňských zařízení a v mnoha dalších podobných odvětvích. [23]

Technické údaje:

Eutech Ph 5+

Rozsah (Teplota ° C) -10 až 110

Rozsah (Teplota ° F), 14 – 230

Rozlišení (teplota) 0,1 C

Přesnost (pH) na +/- 0,01 pH

LCD displej

Kalibrace až 3 body



Obr. 21 Měřič teploty a pH

8. POPIS POUŽITÉHO VZORKU A ODMAŠŤOVADEL

8.1 Kovový substrát

Ocel 11 321

Ocel nelegovaná, jakostní, vhodná k tváření (válcování) za studena, k středně hlubokému tažení, lakování, pokovování v tavenině, potisku a smaltování - jen u neuklidněné oceli. Svařitelnost zaručená v závislosti na rozměrech polotovaru.

Pro experimentální práci byl použit kovový substrát ocel 11 321. Ocel byla válcovaná za studena a konzervována pro další použití.

Rozměry 40 x 40 x 2,5 mm, díra Ø 3 mm

Tab. 2 Mechanické vlastnosti kovového substrátu

ČSN	EN 10130:2006		Tažnost min %	Mez kluzu N/mm ²	Mez pevnosti N/mm ²
	značka	číselné označení			
11 321	DC 01	1.0330	28	280	270-410

8.2 Alkalit

Chemická směs Alkalit R/2 1199 odstraňuje oleje, tuky a konzervační látky z ocelových i z jiných materiálů. Je zejména vhodná k odstranění okují z válcovaného a za studena taženého ocelového materiálu. Alkalit zároveň aktivuje povrch základního materiálu. Nejčastější koncentrace bývá 12 % při 80 °C. Alkalit je velice reaktivní s vodou a po rozpuštění ve vodě se z něj stává velice silné leptadlo s pH 14.

Alkalit není vhodný pro chemickou úpravu povrchu lehkých kovů (např. zinek), neboť by došlo k rozkladu.

8.3 Simple Green

Průmyslový, vysoce koncentrovaný a účinný čistící a odmašťovací přípravek. Přípravek je hodnocen zkušebnou ITC Zlín jako poživatina druhé třídy, vhodný i pro farmaceutický a potravinářský průmysl. Výrobku bylo propůjčeno od roku 2000 Ministerstvem životního prostředí právo užívat ochrannou známku „Ekologicky šetrný výrobek“. [7]

Vlastnosti pracovní směsi

Nehořlavá, neabrazivní, bezoplachová bez obsahu barviva, parfémů, teflonu a silikonů. Tato vysoce koncentrovaná směs je ředitelná studenou vodou až do poměru 1:200. Po zředění optimálně odmašťuje při běžné dílenské teplotě 18 – 22 °C. Velkou výhodou je ušetření provozních energií. [7]

Možné způsoby použití:

- ruční mytí
- tlakové čištění
- mytí ponorem
- mytí v ultrazvukových myčkách
- náplň pro pojezdové mycí stroje [7]

Doporučené ředění

Postřikové odmašťovací stroje:	2 % – 5 %
Tlakové a ultrazvukové mytí:	5 % – 10 %
Ruční mytí:	10 % – 30 % [7]



Obr. 22 Odmašťovací prostředek Simple Green [11]

9. POPIS POSTUPU EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

9.1 Zajištění vzorků a odmašťovadla

Začátek mého pokusu byl ve firmě Komfi s.r.o., která mi poskytla vzorky a odmašťovací prostředek Alkalit R/2 1199 pro můj experiment. Kovové vzorky jsem nechal nařezat na laseru s dusíkovým paprskem. Rozměr kovové destičky je 40 x 40 x 2,5 mm s otvorem o průměru 3 mm. Dále experiment pokračuje ve školní laboratoři.



Obr. 23 Kovový substrát ocel 11 321

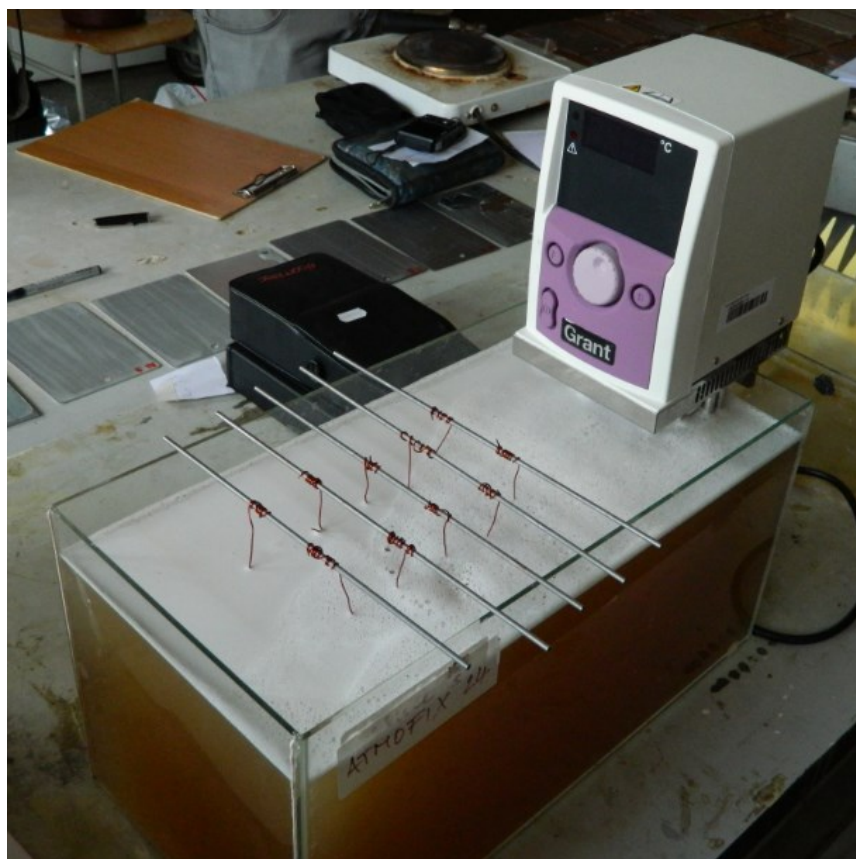
9.2 Počáteční vážení

Začátek měření zamaštěného kovového substrátu na přesné váze Ohaus Pioneer proběhlo ještě s pomocí filtračního papíru, aby nedošlo k zamaštění vážicí plochy a tím zneřádnění vážení. Po přiložení papíru na váhu musel být odečten pomocí funkce Tare. Poté už byl vložen samotný vzorek. Následovalo zvažení, popsání a zapsání hodnoty do předem připravených tabulek.

9.3 Odmaštění v lázni

9.3.1 Alkalitická lázeň

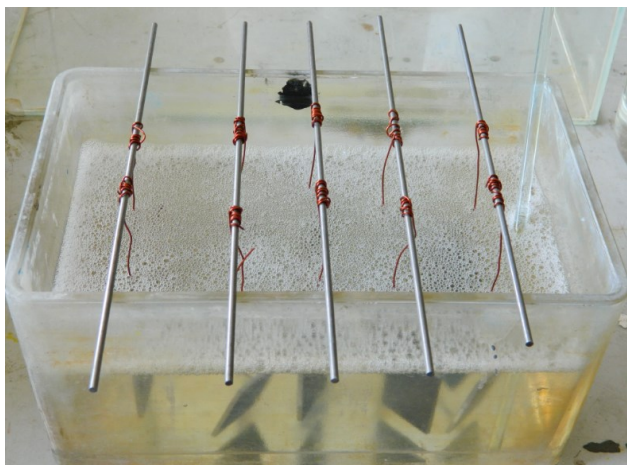
Odmaštění kovového substrátu (ocel 11 321) v Alkalitickém roztoku o koncentraci 10 % a 15 %. Odmaštění probíhalo ponorným způsobem ve skleněné vaně, roztok byl zahřátý na teplotu 80 °C pomocí termostatového topidla (Grant). Po dosažení 80 °C jsem do lázně vložil jednotlivé sady vzorků zavěšené na měděných háčcích. Jednotlivé kovové vzorky se odmašťují 4, 6, 8, 10, 12 minut. PH lázně po změření dosáhla nejvyšší možné hodnoty pH 14. Po vytažení jednotlivých vzorků z lázně následoval oplach.



Obr. 24 Alkalitová lázeň

9.3.2 Simplegreenová lázeň

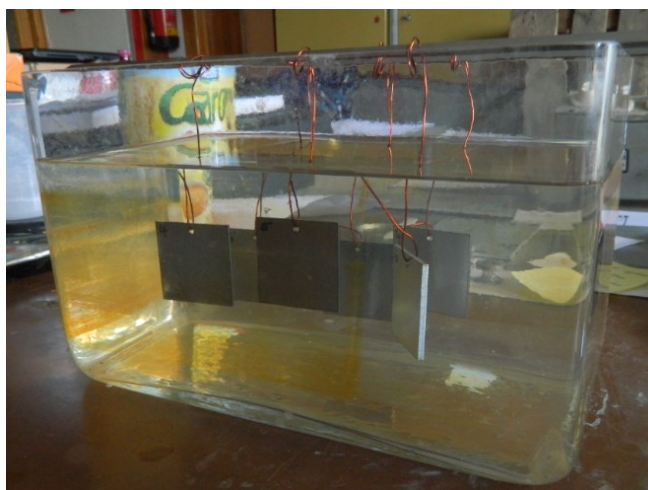
Stejně jako u Alkalické lázně odmaštění probíhalo ve skleněné vaně ponorným způsobem, ale v lázni s odmašťovací látkou Simple Green o koncentračním poměru 1:10 a 1:150 při běžné teplotě vody cca 24,4 °C a teplotě vzduchu 20 °C. PH lázně Simple Greenu byla pro koncentraci 1:10 – pH 10.42 a pro 1:150 – pH 9.2. Časy odmašťovacího procesu zůstaly stejné jako u předchozí lázně.



Obr. 25 Simple Greenová lázeň

9.3.3 Oplach

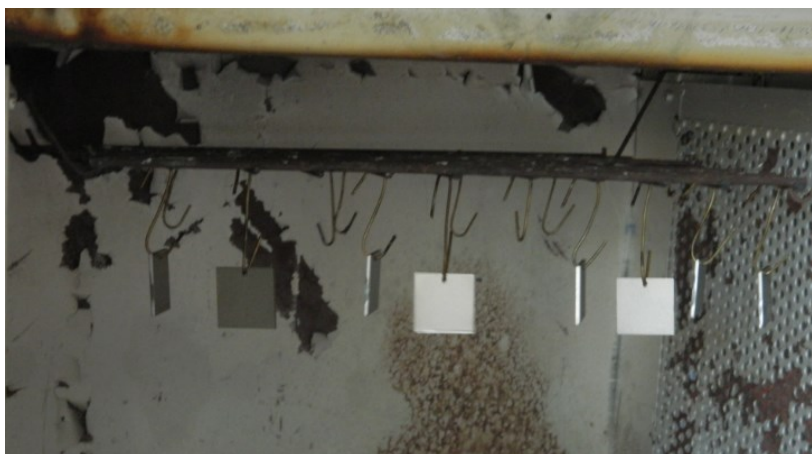
Oplach byl prováděn ve stejném postupu jako ve firmě Komfi s.r.o. (oplach ve vaně s vířením). Doba oplachu byla 1 minutu při teplotě vody 23.3 °C a hodnotě pH 8.7, poté byly vzorky vytaženy a vloženy do pece na sušení.



Obr. 26 Oplach v H₂O při 24 °C

9.3.4 Sušení

Sušení probíhalo v horkovzdušné peci zhruba 5 minut při 100 °C. Sušením jsem se snažil zamezit vzniku mikro koroze způsobené vlhkostí vzduchu.



Obr. 27 Sušení vzorků při 100°C

9.3.5 Vážení

Po sušení jsem znovu vážil jednotlivé vzorky. Tyto vzorky byly po procesu odmašťování. Proto jsem navážil vždy menší hodnotu než na začátku měření, protože mým cílem bylo dosažení úbytku na váze. Hodnoty jsem zapsal do tabulky a následnými výpočty jsem došel k hmotnostnímu úbytku na g.m^{-2} v závislosti na době ponoru v odmašťovací lázni.

9.3.6 Měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN EN ISO 4287

Měření konečné drsnosti pomocí drsnoměru Mitutoyo SJ-301. Všechna měření byla prováděna podle platné normy **ČSN EN ISO 4287** . (*Ra, Rz, Rq, Rp, Rv, Rsk, Rk*). Měření bylo provedeno na 5 místech kovového substrátu. Všechny hodnoty byly zapsány do tabulky.

Tab. 3 Parametr měření drsnosti

	MITUTOYO SJ -301	
λ_c	(rozhraní mezi drsností a vlnitostí)	0,8
l	délka úseku měřeného diamantovým hrotem	4 mm

10. VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ.

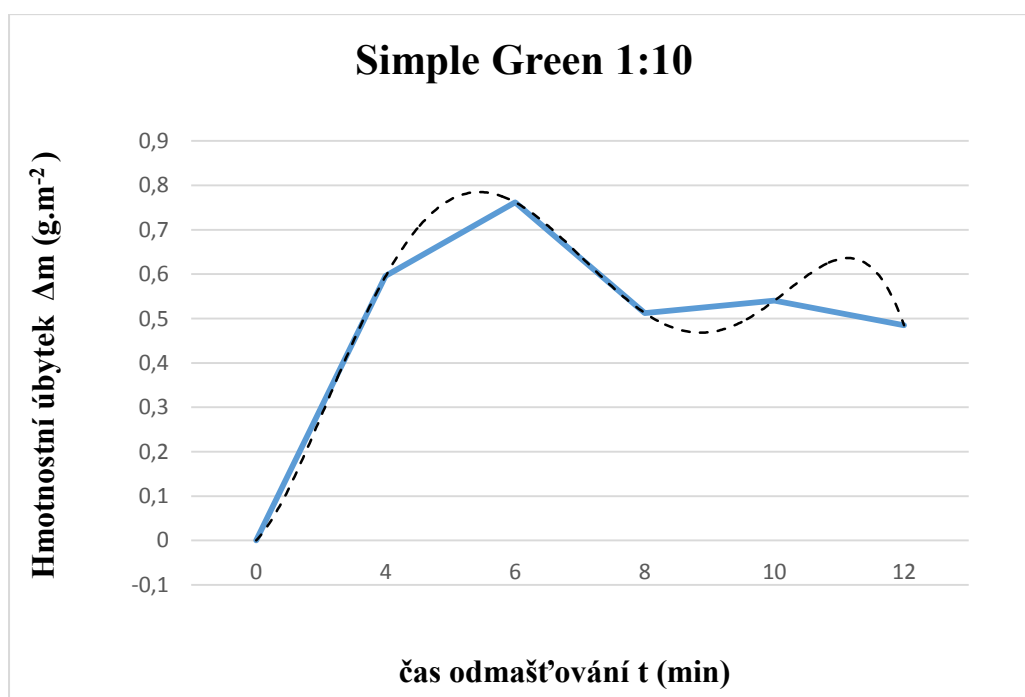
Výsledky mého měření jsem zapsal do tabulek a vyhodnotil pomocí grafů pro větší přehled o různých změnách.

10.1 Hmotnostní úbytek v závislosti na čase

10.1.1 Simple Green 1:10

Tab.4 Hodnoty Simple Green 1:10

Čas (min)	mv (před)	mi (po)	Δm (g)	S	Δm (g.m ⁻²)	$\bar{\Delta m}$ (g.m ⁻²)
4	30,473	30,4712	0,0018	0,003609423	0,498694667	0,595663074
4	30,6688	30,6663	0,0025	0,003609423	0,692631482	
6	30,8649	30,862	0,0029	0,003609423	0,803452519	0,76189463
6	30,628	30,6254	0,0026	0,003609423	0,720336741	
8	30,524	30,522	0,002	0,003609423	0,554105185	0,512547296
8	30,7912	30,7895	0,0017	0,003609423	0,470989407	
10	30,695	30,6934	0,0016	0,003609423	0,443284148	0,540252556
10	30,6209	30,6186	0,0023	0,003609423	0,637220963	
12	30,721	30,7192	0,0018	0,003609423	0,498694667	0,484842037
12	30,6325	30,6308	0,0017	0,003609423	0,470989407	

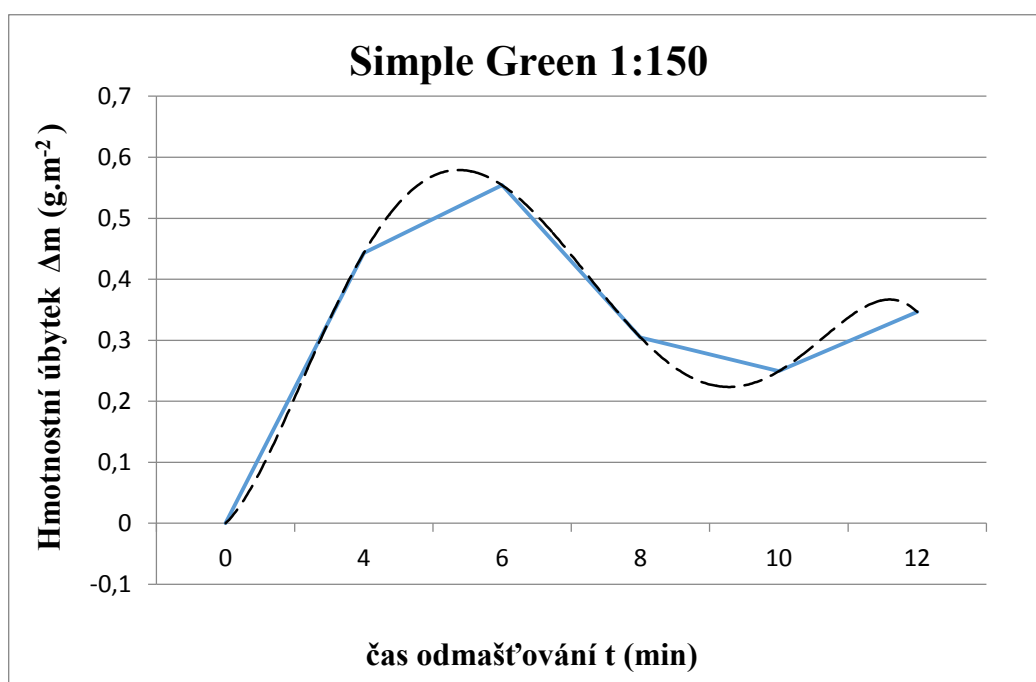


Graf – 1 Průběh hmotnostního úbytku v Simple Green 1:10

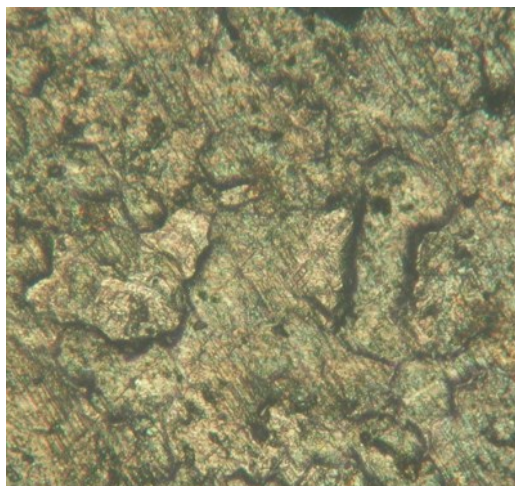
10.1.2 Simple Green 1:150

Tab. 5. Hodnoty hmotnostního úbytku Simple Green 1:150

čas (min)	mv (před)	mi (po)	Δm (g)	S	Δm (g.m ⁻²)	$\bar{\Delta m}$ (g.m ⁻²)
4	30,9164	30,9147	0,0017	0,003609423	0,470989407	0,443284148
4	30,9007	30,8992	0,0015	0,003609423	0,415578889	
6	30,8439	30,8414	0,0025	0,003609423	0,692631482	0,554105185
6	30,8588	30,8573	0,0015	0,003609423	0,415578889	
8	30,7545	30,7526	0,0019	0,003609423	0,526399926	0,304757852
8	30,8762	30,8759	0,0003	0,003609423	0,083115778	
10	30,7857	30,7849	0,0008	0,003609423	0,221642074	0,249347333
10	30,7626	30,7616	0,001	0,003609423	0,277052593	
12	30,8512	30,8497	0,0015	0,003609423	0,415578889	0,346315741
12	30,7078	30,7068	0,001	0,003609423	0,277052593	



Graf 2. Průběh hmotnostního úbytku Simple Green 1:150

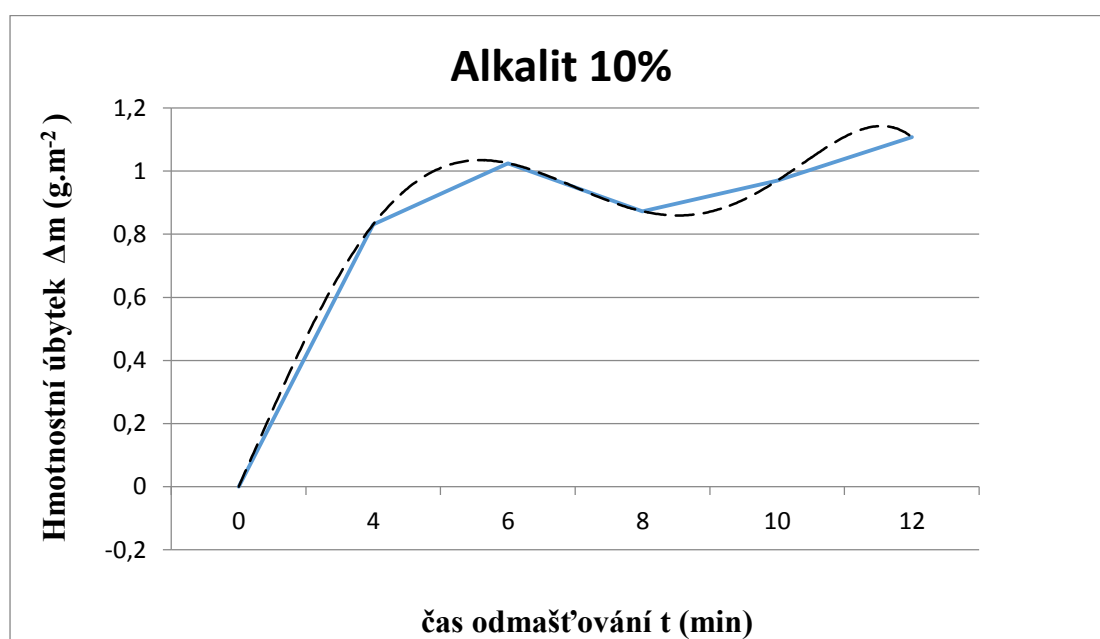


Obr. 28 Metalografický snímek po odmaštění v Simple Green 1:150

10.1.3 Alkalit 10 %

Tab. 6. Hodnoty hmotnostního úbytku v lázni Alkalitu 10%

čas (min)	mv (před)	mi (po)	Δm (g)	S	Δm (g.m-2)	$\bar{\Delta m}$ (g.m-2)
4	30,8778	30,8754	0,0024	0,003609423	0,664926222	0,831157778
4	30,9081	30,9045	0,0036	0,003609423	0,997389333	
6	30,7088	30,705	0,0038	0,003609423	1,052799852	1,025094593
6	30,8128	30,8092	0,0036	0,003609423	0,997389333	
8	30,6571	30,654	0,0031	0,003609423	0,858863037	0,872715667
8	30,8351	30,8319	0,0032	0,003609423	0,886568296	
10	30,7865	30,7827	0,0038	0,003609423	1,052799852	0,969684074
10	30,7096	30,7064	0,0032	0,003609423	0,886568296	
12	30,7436	30,7381	0,0055	0,003609423	1,523789259	1,10821037
12	30,8842	30,8817	0,0025	0,003609423	0,692631482	



Graf 3. Průběh hmotnostního úbytku v Alkalitu 10%

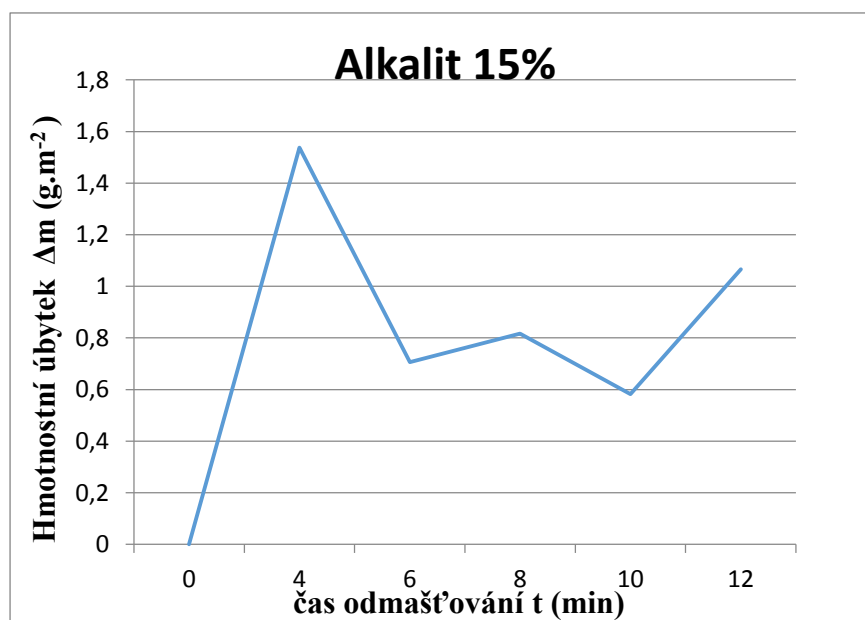


Obr. 29 Metalografický snímek po odmaštění v Alkalitu 10%

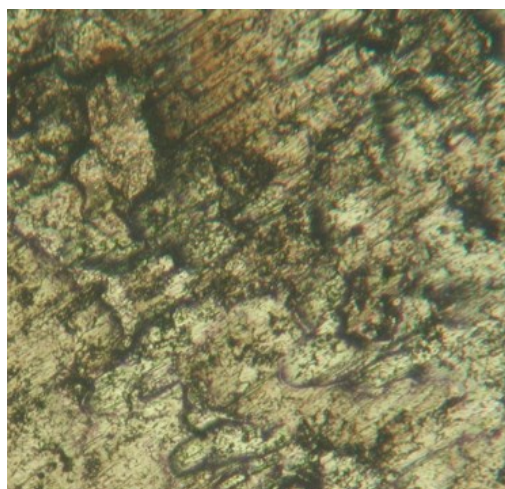
10.1.4 Alkalit 15 %

Tab. 7. Hodnoty hmotnostního úbytku v lázni Alkalitu 15%

čas (min)	mv (před)	mi (po)	Δm (g)	S	Δm (g.m-2)	$\bar{\Delta m}$ (g.m-2)
4	30,8077	30,7992	0,0085	0,003609423	2,354947037	1,537641889
4	30,4833	30,4807	0,0026	0,003609423	0,720336741	
6	30,8388	30,8359	0,0029	0,003609423	0,803452519	0,706484111
6	30,6948	30,6926	0,0022	0,003609423	0,609515704	
8	30,6611	30,6585	0,0026	0,003609423	0,720336741	0,817305148
8	30,6846	30,6813	0,0033	0,003609423	0,914273556	
10	30,6222	30,6208	0,0014	0,003609423	0,38787363	0,581810444
10	30,8152	30,8124	0,0028	0,003609423	0,775747259	
12	30,8204	30,817	0,0034	0,003609423	0,941978815	1,066652482
12	30,7862	30,7819	0,0043	0,003609423	1,191326148	



Graf 4. Průběh hmotnostního úbytku v Alkalitu 15%

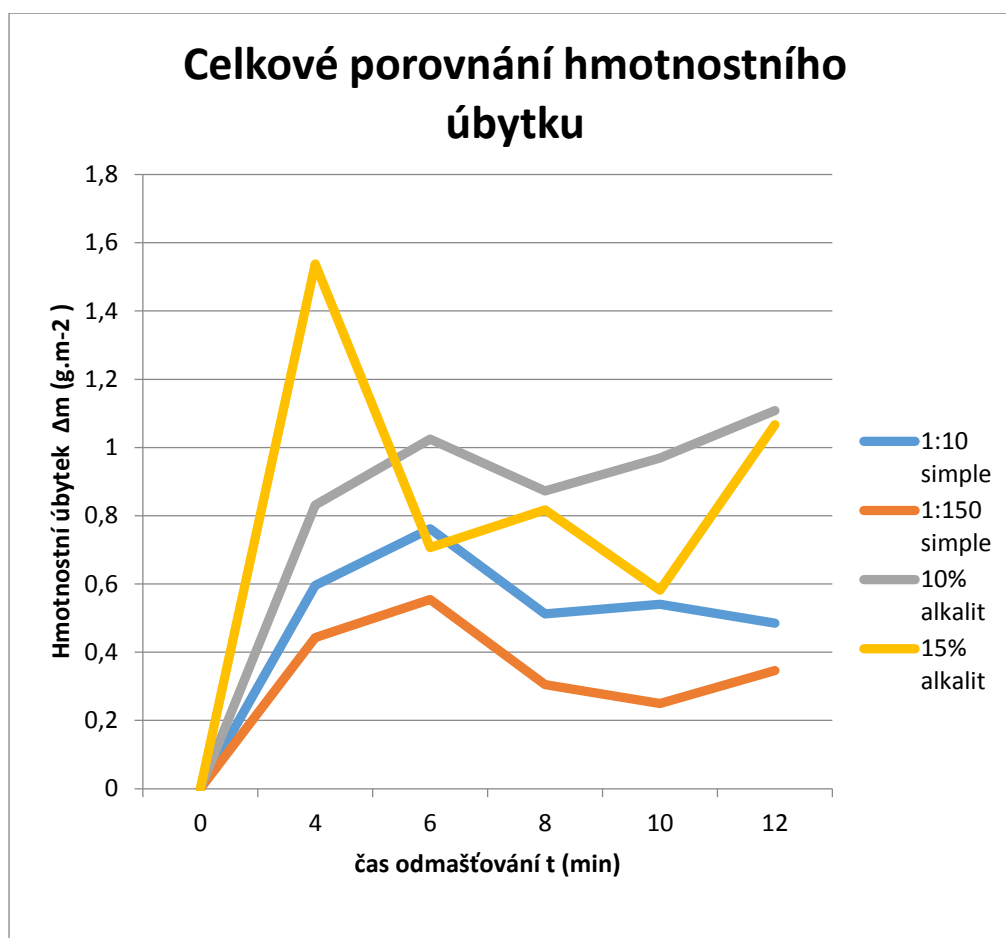


Obr. 30 Metalografický snímek po odmaštění v Alkalitu 15 %

10.1.5 Celkové porovnání hmotnostního úbytku

Tab. 8. Celkové hodnoty hmotnostního úbytku v jednotlivých lázních

	Simplegreen 1:10	Simplegreen 1:150	Alkalit 10%	Alkalit 15%
0	0	0	0	0
4	0,595663074	0,443284	0,831158	1,537641889
6	0,76189463	0,554105	1,025095	0,706484111
8	0,512547296	0,304758	0,872716	0,817305148
10	0,540252556	0,249347	0,969684	0,581810444
12	0,484842037	0,346316	1,10821	1,066652482



Graf 5. Průběh všech hmotnostních úbytků za daný čas odmašťování

V grafu (viz Graf 5). vidíme jednotlivý hmotnostní úbytek v závislosti na době ponoru v lázni. Nejvýraznější úbytek pozorujeme u časů 4, 6 a 12 minut. U dalších časů úbytek klesal nebo mírně stoupal. Pro zjištění dalších úbytků by musely být změřeny další časové intervaly odmašťování. Menší úbytek může být způsoben naleptáváním povrchu a vznikáním oxidických vrstev, které způsobují váhové kolísání.

11. NAMĚŘENÉ HODNOTY DRSNOSTI PODLE NORMY ČSN EN ISO 4287

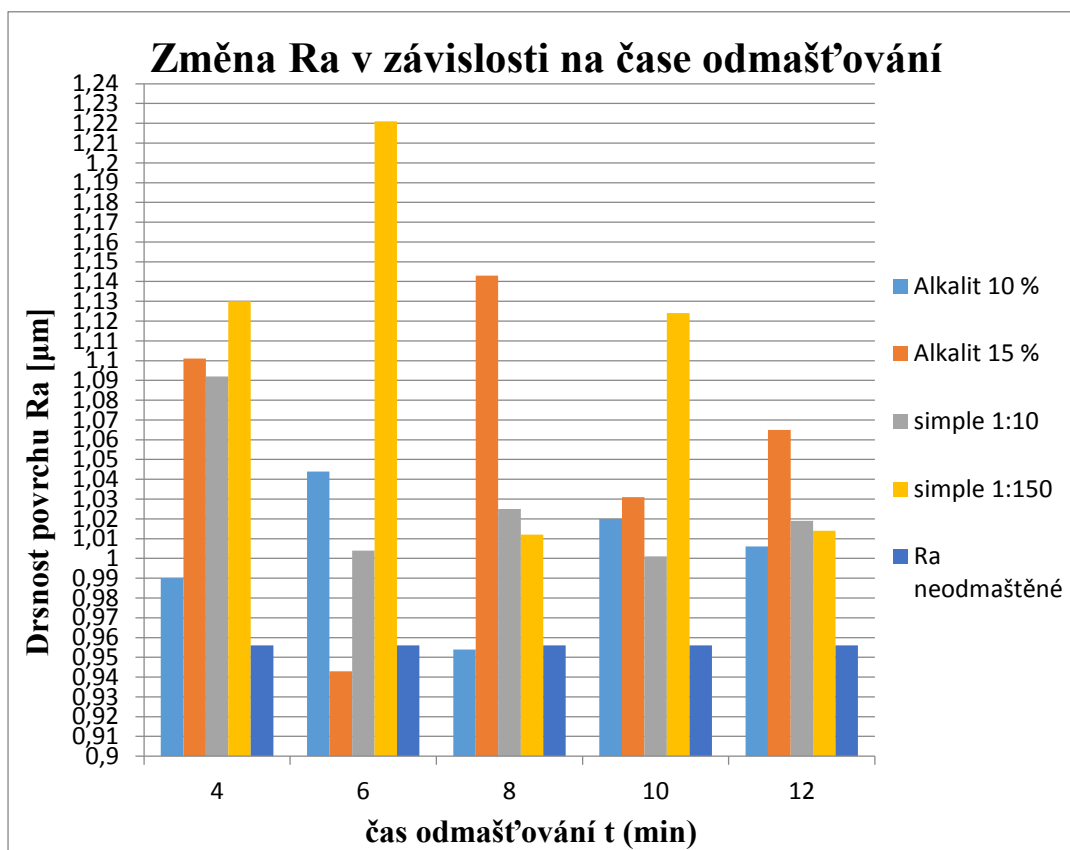
V grafu č. 6, 7, 8 lze pozorovat, jak se mění jednotlivé hodnoty Ra, Rz a Rq v závislosti na čase odmašťování. Po odmaštění se zvýšila hodnota Ra Rz a Rq, díky tomu mají nátěrové a povrchové systémy větší přilnavost na kovové vzorky.

11.1 Měření hodnoty Ra

Průměrná hodnota **Ra** před odmaštěním 0,965 μm

Tab. 9. Hodnoty Ra po odmaštění

Ra				
	alkalit 10%	alkalit 15%	Simple 1:10	simple 1:150
4	0,99	1,101	1,092	1,13
6	1,044	0,943	1,004	1,221
8	0,954	1,143	1,025	1,012
10	1,02	1,031	1,001	1,124
12	1,006	1,065	1,019	1,014



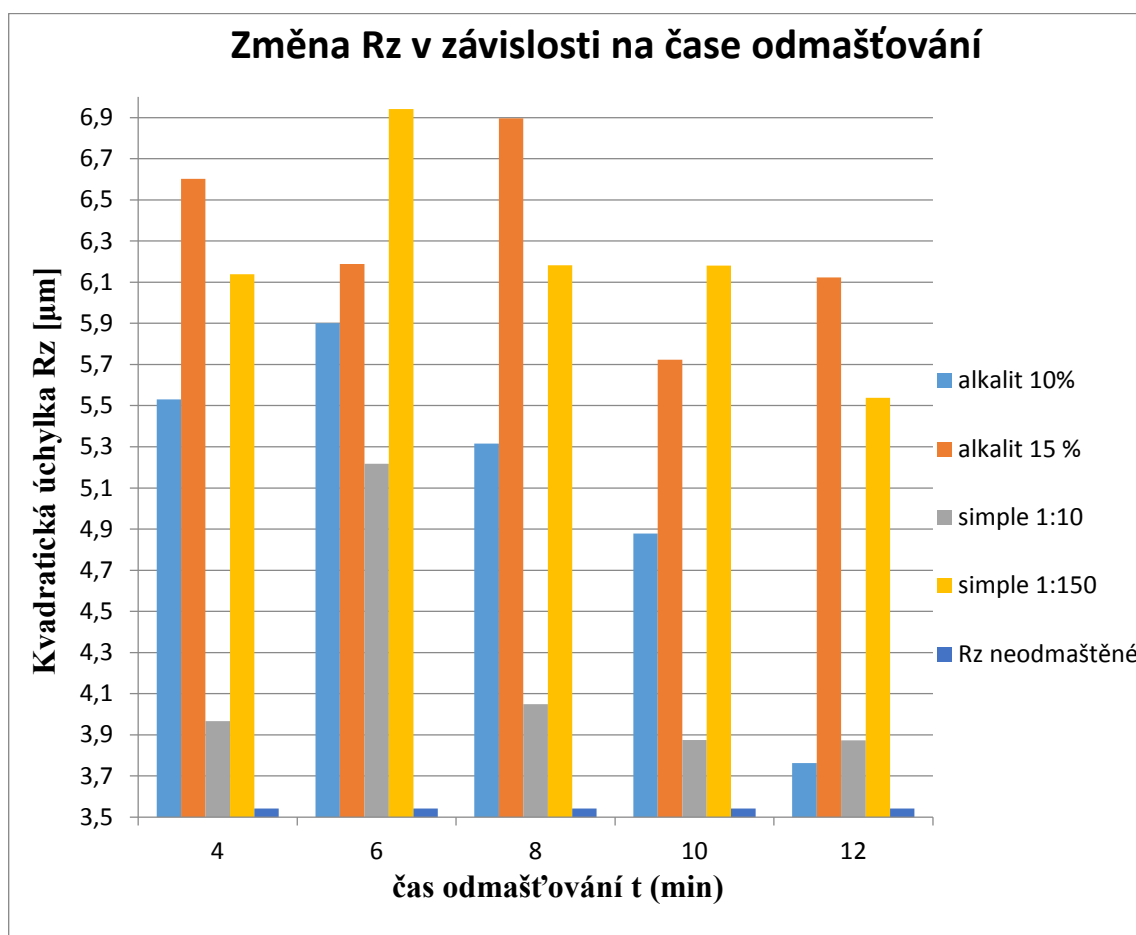
Graf 6. Změna drsnosti povrchu Ra v závislosti na čase odmašťování v jednotlivých odmašťovacích roztocích

11.2 Měřená hodnota Rz

Průměrná hodnota **Rz** před odmaštěním 3,542 μm

Tab. 10. Hodnoty Rz po odmaštění

Rz				
	Alkalit 10 %	Alkalit 15 %	Simple 1:10	Simple 1:150
4	5,531	6,603	3,967	6,139
6	5,901	6,188	5,217	6,942
8	5,316	6,896	4,049	6,182
10	4,879	5,723	3,875	6,18
12	3,763	6,123	3,873	5,538



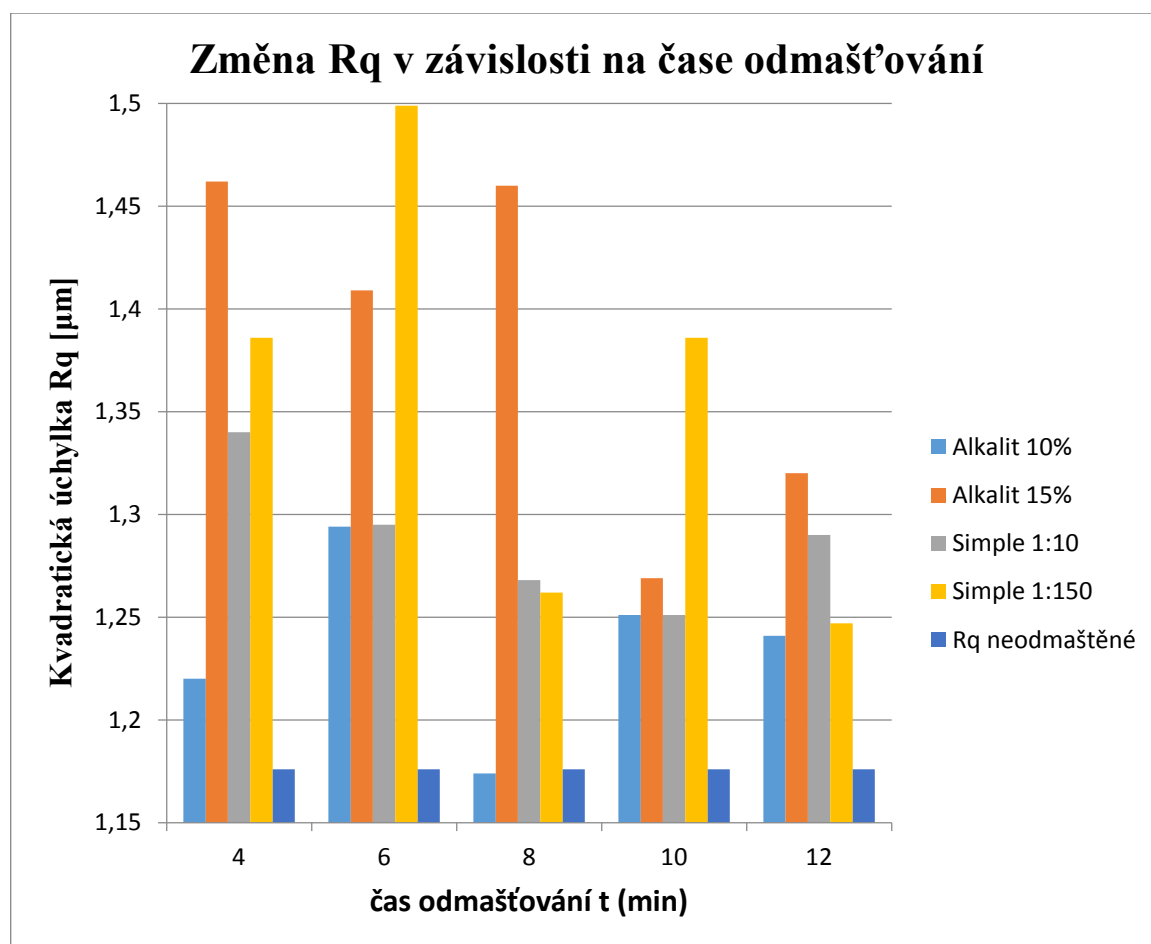
Graf 7. Změna drsnosti povrchu Rz v závislosti na čase odmašťování v jednotlivých odmašťovacích roztocích

11.3 Měřená hodnota R_q

Průměrná hodnota R_q před odmaštěním 1,176 μm

Tab. 11. Hodnoty R_q po odmaštění

R_q				
	Alkalit 10%	Alkalit 15%	Simple 1:10	Simple 1:150
4	1,22	1,462	1,34	1,386
6	1,294	1,409	1,295	1,499
8	1,174	1,46	1,268	1,262
10	1,251	1,269	1,251	1,386
12	1,241	1,32	1,29	1,247



Graf 8. Změna drsnosti povrchu R_q v závislosti na čase odmašťování v jednotlivých odmašťovacích roztocích

12. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V ekonomickém zhodnocení jsem zhodnocoval jednotlivé ceny odmašťovadel a dále jsem se snažil porovnat, kolik by firma ušetřila za energie při změně odmašťovadla.

12.1 Porovnání cen Alkalit R/2 1199 a Simple Green Crystal

Tab. 12 Porovnání cen Alkalitu a Simple Greenu

Alkalit R/2 1199		Simple Green Crystal	
Balení	Cena bez DPH	Balení	Cena bez DPH
25 kg	2 750 Kč	10 litrů	1 590,00 Kč
1 kg	110 Kč	1 litr	180 Kč

Z tabulky (viz Tab. 12) lze vypočítat cenu spotřebovaného odmašťovadla na 10 % koncentraci roztoku ve 100 l lázni.

12.2 Cena/Energie

Tab. 13 Náklady na odmašťovací lázeň

Odmašťovadlo	Cena za (1 Kg / 1l)	Koncentrace (%)	Objem lázně (l)	spotřeba odmašťovadla na danou koncentraci	Výsledná cena (Kč)	Cena za rok
Alkalit R/2 1199	110 Kč	10%	100l	10 Kg	1 100 Kč	13 200 Kč
Simple Green	180 Kč	1:10	100l	10 l	1 590 Kč	19 080 Kč

Z tabulky (viz Tab. 13) je zřejmé, že náklady na odmašťovací lázeň Simple Green budou větší než u Alkalitu. Je však nutno zohlednit i další faktory, které patří k odmašťovacímu procesu. Rozdíl mezi hmotnostním úbytkem nečistot mezi Simple Greenem a Alkalitem R/2 je patrný z grafu č.5 , ale úbytek nečistot u Simple Greenu je dostačující pro jeho použití v praxi. Na rozdíl od Alkalitu by u Simple Greenu nemusela být lázeň ohřívána na 80 ° C, což by ušetřilo spotřebu energie a tím i finance (viz Tab. 14).

U Simple Greenu bude i levnější ekologická likvidace, jelikož u tohoto odmašťovadla není potřeba nákladná ekologická likvidace, což ušetří další nemalé finance.

Tab. 14 Spotřeba energie a následné ušetření

Teor. Doba odmašťování (hodiny)/den,týden	cena 1 Kwh (Kč)	spotřeba topidla za 1 h	cena za den/týden (kč)
1 h/ den	4,75 Kč	1,8 Kwh	8,55 Kč
5 h/ den	4,75 Kč	1,8 Kwh	42,75 Kč
15 h/ týden	4,75 Kč	1,8 Kwh	128,25 Kč
20 h/ týden	4,75 Kč	1,8 Kwh	171 Kč
40h/ týden	4,75 Kč	1,8 Kwh	342 Kč
1 rok (20h/týden)	4,75 Kč	1,8 Kwh	8 892 Kč
1 rok (40h/týden)	4,75 Kč	1,8 Kwh	17 784 Kč

$[Doba\ odmaštění\ (h)] * [cena\ 1\ Kwh\ (Kč)] * [spotřeba\ topidla\ za\ 1h\ (Kwh)] = cena$
za spotřebovanou energii při použití přípravku Alkalit R/2 1199

V tabulce č 14. jsem vypočítal teoretickou spotřebu energie v daných časových intervalech s vypočtením ceny za jednotlivý odmašťovací proces. Při změně odmašťovacího prostředku Alkalit R/2 1199 za Simple Green je možnost ušetřit dané finance za spotřebovanou energii. Úsporu za el. energii jsem popsal ve vzorci pod tabulkou.

13. ZÁVĚR

Zadáním mé bakalářské práce bylo studium vlivu odmašťovacího prostředku na čistotu kovového substrátu. V úvodu jsem se nejdříve zabýval možnostmi povrchových úprav kovů, a to mechanickým a chemickým způsobem. Stručně jsem popsal jednotlivé metody mechanického čištění, což je v praxi jeden z nejběžnějších způsobů povrchové úpravy kovů, avšak zároveň tato metoda představuje největší úbytek základního materiálu. Poté jsem se již podrobněji zabýval chemickým způsobem čištění povrchu kovů, zejména odmašťováním.

První část mé experimentální práce začíná ve firmě Komfi s.r.o. Tato firma používá k odmašťování kovového substrátu silně agresivní látku Alkalit R/2 1199. Mým úkolem bylo porovnat tento odmašťovací přípravek s přípravkem Simple Green. Firma Komfi mi zajistila potřebný materiál k uskutečnění experimentu. Tento jsem prováděl ve školních laboratořích na VŠB TU Ostrava. Jednotlivé vzorky zamaštěného kovového substrátu jsem nejdříve zvážil, pro lepší orientaci přesně popsal a vložil do předem připraveného 10 % roztoku Alkalitu R/2 1199, zahřátého na 80 °C. Po odmaštění následoval proces vytažení, oplach, sušení a opětovné vážení vzorků a změřen jejich hmotnostní úbytek v přepočtu na m². Stejný postup jsem použil při odmašťování v 15 % roztoku Alkalitu a také v lázni Simple Greenu o koncentraci 1:10 a 1:150. U odmašťování za pomoci Simple Greenu není nutnost ohřevu lázně. Po vypočítání všech hmotnostních úbytků byly hodnoty zapsány do tabulek a vyhodnoceny pomocí grafu, viz Tabulka 8. Nakonec jsem u všech vzorků měřil drsnost podle normy ČSN EN ISO 4287. Naměřené hodnoty jsem zprůměroval, zapsal do tabulky a následně vyhodnotil pomocí grafu, viz Graf 5. Metalografické snímky jednotlivých vzorků jsem vyfotil pomocí světelného mikroskopu Neophot 2. Jako poslední část své bakalářské práce jsem vypracoval ekonomické zhodnocení jednotlivých odmašťovadel, kdy jsem se snažil najít co nejefektivnější a nejlevnější způsob odmaštění v závislosti na dostatečně velkém hmotnostním úbytku nečistot. Z výchozích tabulek jsem zjistil, že hmotnostní úbytky byly v porovnání s alkalitem podobné, avšak z ekonomického a ekologického hlediska by bylo lepší použít odmašťovadlo Simple Green, které se nemusí zahřívát a není tolik toxický a škodlivý. V neposlední řadě jsem zmínil i jednu z mnoha metod recyklace rozpouštědel, kdy je nutno zmínit, že odmašťovací prostředek Simple Green je výrobek ekologicky šetrný.

14. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>.
- [3] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [4] CHEDO, *Předúprava ocelových povrchů* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<<http://www.chedo.cz/kat/Preduprava--ocelovych---povrchu-440/>>
- [5] GAMIN, *Recyklace rozpouštědel povrchů* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<<http://www.recyklace-redidel.cz/soubory/1.pdf>>.
- [6] TRIBOTECHNIKA, *Odmašťování v galvanotechnice* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-62014/odmasteni-v-galvanotechnice.html>>.
- [7] SIMPLE GREEN, *Odmašťovací prostředky* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:< <http://www.simplegreen.cz/products/produkt-1/> >.
- [8] MARCONY, *Termostat závěsný* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:< <http://www.marconi.sk/?katid=622>>.
- [9] OHAUS, *Laboratorní váha Pioneer* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:< <http://www.ohaus-vahy.cz/laboratorni-vaha-pioneer>>.
- [10] COLE-PARMER, *Eutech pH meter ph5+ Pioneer* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<http://www.coleparmer.com/Product/Eutech_pH_5_pH_meter_kit/EW-15940-79>.
- [11] SIMPLEGREEN, *Simple Green Crystal* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:< <http://www.simplegreen.cz/products/produkt-1/>>.
- [12] FERONA, *Materiálové normy* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:< http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php>.
- [13] PRINCIP BROUŠENÍ, *Nástroje broušení* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:< <http://jirijosifko.blog.cz/> >.
- [14] EUROMETAL, *Princip tryskání profilů* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<<http://www.eurometalservis.cz/42-servis-a-nahradni-dily.html>>.
- [15] DUP, *Stroje pro hromadné omílání* [online]. [cit. 2015-04-15]. URL:<<http://www.dup.cz/cz/kovovyroba/technologie/>>.

-
- [16] KPL TRADING, *Strojní kartáče* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:<<http://www.brusivo-nastroje.cz/>>.
- [17] KOVONÁSTROJE, *Leštící kotouč pro leštění oceli* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:<<http://www.kovonastroje.cz/Lesteni-kovu-plastu-laku/Kotouce-kaliko-pestre/Lestici-kotouc-pro-lesteni-oceli-80mm.html>>.
- [18] IPP PRAHA, *Odmašťovací zařízení* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:<<http://www.ipp-penc.cz/ipp-odmastovaci-zarizeni.php>>.
- [19] SUMMA spol. s.r.o, *Ultrazvukové zařízení* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:<<http://nabidky.edb.cz/Nabidka-33615-Vyroba-ultrazvukova-zarizeni-vana-sberace-oleju-odmastovani>>.
- [20] DETAS, *Vany detas s.r.o zařízení* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:<<http://www.detas.cz/453/vyrobky/>>.
- [21] ZEROSYSTEM, *Bubnové odmašťování* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:<<http://www.tools.cz/cs/stroje/rsa-cutting-systems/cisteni-a-odmastovani/>>
- [22] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie – část 1*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 112 s. ISBN 978-80-248-0671-6
- [23] VERKON, *Ph metr Eutech* [online]. [cit. 2015-04-15].
URL:< <http://www.verkon.cz/ph-metr-kapesni-ph-5-6-eutech>>

15. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Broušení povrchu [1]	13
Obr. 2 Tryskání [14]	14
Obr. 3 Omílací buben [15]	15
Obr. 4 Kartáčování [16]	16
Obr. 5 Kotouče pro jemné leštění [17]	17
Obr. 6 Bod varu směsi trichloretylénu [1]	20
Obr. 7 Recyklace FIDI [5]	21
Obr. 8 Schéma emulgace mastnoty na povrchu kovu odmašťovacím roztokem [1]	21
Obr. 9 Komorový odmašťovací stroj [18]	24
Obr. 10 Vanové odmašťování [20]	24
Obr. 11 Schéma bubnového odmašťování [21]	25
Obr. 12 Ultrazvukový odmašťovací přístroj [19]	27
Obr. 13 Rozpouštění kovu v místě ponoru [1]	28
Obr. 14 Využití kyseliny při moření [1]	29
Obr. 15 Štěrbínové odsávání [1]	29
Obr. 16 Přesná váha Ohaus Pioneer	31
Obr. 17 Termostat GD 100	32
Obr. 18 Horkovzdušná pec ZEZ	32
Obr. 19 Drsnoměr Mitutoyo SJ-301	33
Obr. 20 Optický mikroskop Neophot 2	35
Obr. 21 Měřič teploty a pH	36
Obr. 22 Odmašťovací prostředek Simple Green [11]	38
Obr. 23 Kovový substrát ocel 11 321	39
Obr. 24 Alkalitová lázeň	40
Obr. 25 Simple Greenová lázeň	41
Obr. 26 Oplach v H ₂ O při 24 °C	41
Obr. 27 Sušení vzorků při 100°C	42
Obr. 28 Metalografický snímek po odmaštění v Simple Green 1:150	44
Obr. 29 Metalografický snímek po odmaštění v Alkalitu 10%	45
Obr. 30 Metalografický snímek po odmaštění v Alkalitu 15 %	46

16. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Tabulka odmašťovacích prostředků [1].....	25
Tab. 2 Mechanické vlastnosti kovového substrátu	36
Tab. 3 Parametr měření drsnosti	42
Tab. 4 Hodnoty Simple Green 1:10	43
Tab. 5. Hodnoty hmotnostního úbytku Simple Green 1:150	44
Tab. 6. Hodnoty hmotnostního úbytku v lázni Alkalitu 10%	45
Tab. 7. Hodnoty hmotnostního úbytku v lázni Alkalitu 15%	46
Tab. 8. Celkové hodnoty hmotnostního úbytku v jednotlivých lázních	47
Tab. 9. Hodnoty Ra po odmaštění	48
Tab. 10. Hodnoty Rz po odmaštění	49
Tab. 11. Hodnoty Rq po odmaštění	50
Tab. 12 Porovnání cen Alkalitu a Simple Greenu	51
Tab. 13 Náklady na odmašťovací lázeň.....	51
Tab. 14 Spotřeba energie a následné ušetření	52

17. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Průběh hmotnostního úbytku v Simple Green 1:10	43
Graf 2. Průběh hmotnostního úbytku Simple Green 1:150	44
Graf 3. Průběh hmotnostního úbytku v Alkalitu 10%	45
Graf 4. Průběh hmotnostního úbytku v Alkalitu 15%	46
Graf 5. Průběh všech hmotnostních úbytků za daný čas odmašťování	47
Graf 6. Změna drsnosti povrchu Ra v závislosti na čase odmašťování v jednotlivých odmašťovacích roztocích	48
Graf 7. Změna drsnosti povrchu Rz v závislosti na čase odmašťování v jednotlivých odmašťovacích roztocích	49
Graf 8. Změna drsnosti povrchu Rq v závislosti na čase odmašťování v jednotlivých odmašťovacích roztocích	50